

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Ústav letecké dopravy

Výukový program „Electrical Wiring Interconnection System“  
Learning Program for Electrical Wiring Interconnection System

Student:

Vojtěch Graf

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Karel Szydłowski

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Vojtěch Graf**

Studijní program:

B3712 Technologie letecké dopravy

Studijní obor:

3708R038 Technologie údržby letecké techniky

Téma:

Výukový program „Electrical Wiring Interconnection System“  
Learning Program for Electrical Wiring Interconnection System

Zásady pro vypracování:

Hlavní postupy systému EWIS  
Postupy vedení dokumentace  
Kontrola systému EWIS  
Údržba a rozšíření chyb  
Typy a vliv vedení na EWIS  
Spojovací zařízení  
General Electrical Wiring Interconnection System Practices  
Wiring Practices Documentation  
EWIS Inspection  
Housekeeping / Contamination Sources  
Types and impact of Wires on EWIS  
Connective Devices

Seznam doporučené odborné literatury:

EASA :

- NPA EWIS
  - EWIS AMC 20 – 22
- Dokumentace údržby JOB AIR

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Karel Szydlowski**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsme celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě 29. 4. 2012



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.
- V Ostravě 29. 4. 2012



Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce

Vojtěch Graf

Adresa trvalého pobytu autora práce

Dolní 306,  
Frenštát pod Radhoštěm 744 01

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

GRAF, V. *Výukový program „Electrical Wiring Interconnection System“: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 77 s., Vedoucí práce: Szydlowski, K.

Cílem této bakalářské práce je vytvoření výukového materiálu k systému EWIS. Celý projekt se bude skládat ze dvou částí. Nejprve vytvořím výukovou prezentaci pro společnost JOB AIR Technic a.s. a na jejím základě potom napíšu samotnou práci. Tento materiál nebude obsahovat kompletní školení všech modulů. V projektu se zaměřím na výukovou prezentaci pro techniky s kvalifikací A a B1. Výsledkem celého mého bakalářského projektu by mělo být zhodnocení zpětné vazby s proběhlým školením.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

GRAF, V. *Learning Program for Electrical Wiring Interconnection System: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 77 p., Thesis head: Szydlowski, K.

The aim of this bachelor thesis is to create educational material for system EWIS. The whole project will consist of two parts. First, I will create an educational presentation for the JOB AIR Technic a.s. and on that basis I will then do the thesis itself. This material does not contain a complete training for all modules. In the project I will focus on educational presentation for technicians with A and B1 skills. The result of all my bachelor project should be evaluating feedback after the passed training.

## Seznam použitých zkratk

<b>Zkratka</b>	<b>Český význam</b>	<b>Plný název</b>
AMM	Technický manuál k letadlu	Aircraft Maintenance Manual
APU	Pomocná energetická jednotka	Auxiliary Power Unit
ASTRAC	Poradní orgán FAA pro revize federálních předpisů	Aging Transport Systems Rulemaking Advisory Committee
DET	Detailní kontrola	Detail Inspection
ESDS	Elektrostaticky citlivé zařízení	Electrostatic Discharge Sensitive
EWIS	Systém elektrických propojovacích kabelu letadla	Electrical Wiring Interconnection System
EZAP	Zonální analýza řízení	Enhance Zonal Analysis Procedure
FAA	Federální letecký úřad	Federal Aviation Administration
FBI	Federální úřad pro vyšetřování	Federal Bureau of Investigation
FIN	Manuál pro zjišťování závad	Fault Isolation Manual
GVI	Generální vizuální kontrola	General Visual Inspection
IPC	Ilustrovaný katalog částí	Illustrated Parts Catalogue
L/HIRF	Ochrana před vysokou intenzitou ozařování	Lighting/High Intensity Radiated Field
LRU	Vyměnitelné jednotky	Line Replaceable Unit
MSI	Poruchové položky	Maintenance Signification Item
NTSB	Národní rada pro bezpečnost v dopravě	National Transportation Safety Board
SDI	Speciální detailní kontrola	Special Detail Inspection
SSI	Strukturně významné položky	Structure Signification Item
TWA	Letecká společnost	Trans World Airlines
WDM	Manuál s popisy a schématy kabelů	Wiring Diagram Manual
WPN	Číselné označení kabelu	Wire Part Number
WS	Číselné označení kabelu	Wire Specification
WTC	Číselné označení kabelu	Wire Type Code
ZI	Zonální kontrola	Zonal Inspection

## Obsah

Stanovení cílů .....	9
1 Úvod .....	10
2 Úvod k systému EWIS .....	12
2.1 Účel .....	12
2.2 ATSRAC .....	12
2.3 Školení.....	12
2.4 Definice .....	14
2.5 Co EWIS obsahuje .....	15
2.6 Co EWIS neobsahuje .....	16
2.7 Letecké katastrofy spojené s EWIS.....	16
2.7.1 Trans World Airlines (TWA – 800) .....	16
2.7.2 Swissair (SR – 111) .....	18
3 MODUL A – EWIS obecně .....	21
3.1 Bezpečnostní postupy.....	21
3.1.1 Možná nebezpečí .....	21
3.1.2 Nebezpečné hodnoty napětí a proudu .....	21
3.1.3 První pomoc při úrazu elektrickým proudem .....	22
3.1.4 Hodnoty napětí používané v letadle.....	22
3.1.5 Jističe .....	23
3.1.6 Varování.....	23
3.1.7 Lidský činitel .....	24
3.2 Zařízení citlivá na elektrostatický výboj .....	24
3.2.1 Nabíjení letadla elektrostatickým nábojem na zemi .....	24
3.2.2 Štítky označující ESDS.....	25
3.2.3 Antistatické vybavení .....	25
3.2.4 Manipulace a uskladnění .....	25
3.3 Nářadí a vybavení .....	28

3.3.1	Krimpovací kleště M22520/1-01 .....	29
3.3.2	Krimpovací kleště M22520/2-01 .....	29
3.3.3	Krimpovací kleště M22520/5-01 .....	30
3.3.4	GTM-232 – kleště na zalisování spojek .....	30
3.3.5	Kleště na odizolování drátu .....	31
3.3.6	Přípravky pro vypínování .....	31
3.3.7	Kompletní sada náradí .....	31
3.4	Náradí a nástroje podléhající certifikaci a kalibraci.....	32
3.4.1	Kalibrace krimpovacích kleští M2252/1-01 .....	32
3.4.2	Multimetr Fluke 199C .....	32
3.4.3	Megaohmmetr Fluke 1550B .....	33
3.4.4	Miliohmmetr Quadtech 1865 .....	33
3.5	Dokumenty a grafy potřebné k řešení problémů.....	34
3.5.1	Řešení problémů .....	34
3.5.2	Aircraft Maintenance Manual (AMM) .....	34
3.5.3	Illustrated Parts Catalogue (IPC) .....	34
3.5.4	Wiring Schematics (WS) .....	35
3.5.5	Wiring Diagram Manual (WDM) .....	36
3.5.6	Testování konektorů LRU .....	36
3.6	Měření a řešení problémů pomocí měřičů .....	36
3.6.1	Základní jednotky .....	36
3.6.2	Vztahy .....	37
3.6.3	Izolant .....	37
3.6.4	Závada – nežádoucí ukostření.....	38
3.6.5	Indukce.....	38
3.7	Line Replaceable Unit – LRU.....	38
3.7.1	Výměna LRU bloku.....	38
4	MODUL C - Kontroly .....	40



4.1	Základní typy kontrol .....	40
4.1.1	General Visual Inspection – GVI.....	40
4.1.2	Detail Inspection – DET .....	40
4.1.3	Zonal Inspection – ZI.....	40
4.1.4	Special Detail Inspection - SDI.....	41
4.1.5	Enhanced Zonal Analysis Procedure – EZAP .....	41
4.2	Kritéria a standardy .....	41
4.2.1	Používané vybavení .....	41
4.2.2	Kritéria a standardy.....	41
4.2.3	Základní pravidla kontrol.....	42
4.3	Lidský činitel.....	42
4.3.1	Zrak .....	42
4.3.2	Sluch .....	43
4.3.3	Psychika .....	43
4.3.4	Fyzické propozice .....	43
4.3.5	Vnější prostředí.....	43
4.4	Typická místa poruch (kontrol).....	44
4.4.1	Křídla .....	44
4.4.2	Motory, APU, gondoly, pylony .....	44
4.4.3	Podvozek a podvozkové šachty .....	44
4.4.4	Elektrické panely a LRU.....	44
4.4.5	Baterie .....	44
4.4.6	Napájecí vedení.....	44
4.4.7	Prostor kuchyně a toalet.....	45
4.4.8	Cargo a prostor pod podlahami.....	45
4.4.9	Dveře, plochy a ovládací prvky .....	45
4.4.10	Přístupové panely.....	45
4.5	Typická poškození kabeláže .....	45

4.5.1	Kovové piliny a špony .....	45
4.5.2	Poškození při manipulaci .....	46
4.5.3	Kapalné kontaminace .....	46
4.5.4	Vibrace a odírání .....	47
4.5.5	Koroze a stárnutí .....	47
4.5.6	Přehřátí .....	48
5	MODUL D – Čistota a ochrana .....	49
5.1	Vnější kontaminační zdroje .....	49
5.1.1	Místa kontaminace .....	49
5.1.2	Děšť a voda .....	49
5.1.3	Sníh a led .....	49
5.1.4	Odmrazovací směs .....	49
5.1.5	Prach, písek a sůl .....	49
5.1.6	Čisticí prostředky .....	50
5.1.7	Průmyslové znečištění a vzduchová eroze .....	50
5.2	Vnitřní kontaminační zdroje .....	50
5.2.1	Hydraulická kapalina, motorový olej, palivo, maziva .....	50
5.2.2	Chemické látky z toalet a kapaliny z kuchyně .....	50
5.2.3	Prach a cupanina .....	50
5.3	Další kontaminační zdroje .....	51
5.3.1	Velké množství barvy a antikorozního nátěru .....	51
5.3.2	Třísky, špony, piliny a cizí předměty .....	51
5.3.3	Živočichové a živočišný odpad .....	52
5.4	Plán ochrany před kontaminací .....	52
5.4.1	Plán ochrany .....	52
5.4.2	Ochranné a bezpečnostní procesy .....	53
5.5	Ochrana během opravy letadla .....	53
5.5.1	Úkony před započítáním práce .....	54

5.5.2	Úkony po ukončení práce .....	54
5.6	Čistící procesy .....	54
5.6.1	Odstranění pevných kontaminací.....	54
5.6.2	Odstranění kapalných kontaminací.....	55
6	MODUL D – Kabeláž .....	56
6.1	Identifikace, typy a konstrukce kabelů.....	56
6.1.1	Identifikace .....	56
6.1.2	Typy a konstrukce kabelů .....	58
6.2	Izolační vlastnosti a limity poškození .....	60
6.2.1	Typy izolace.....	60
6.2.2	Typické poškození izolace.....	60
6.2.3	Výboj .....	61
6.3	Kontrola kritérií a standardů a kabelových svazků.....	61
6.3.1	Základní podmínky kontrol .....	61
6.3.2	Poškození nestíněného drátu.....	61
6.3.3	Kontrola kabelových svazků.....	63
6.4	Instalace kabelových svazků.....	63
6.4.1	Zásady tvorby kabelových svazků.....	63
6.4.2	Vedení kabelových svazků .....	63
6.4.3	Přidávání vodičů do svazku a oddělování vodičů ze svazku .....	64
6.4.4	Čištění .....	64
6.4.5	Kontrola objímek .....	65
6.4.6	Instalace a oprava objímek.....	65
6.4.7	Uchycení na potrubí.....	66
6.5	Typická místa poškození.....	66
6.5.1	Poškození plameny .....	67
6.5.2	Poškození teplem .....	67
6.5.3	Poškození vibracemi .....	68

6.5.4	Poškození korozí .....	68
6.5.5	Poškození kontaminací .....	68
6.5.6	Poškození cestujícími .....	68
6.6	Údržbové a opravné procesy .....	68
6.6.1	Základní podmínky oprav .....	69
6.6.2	Oprava izolace drátu .....	69
6.6.3	Oprava nestíněného drátu .....	70
6.7	Instalace ochranných částí.....	70
6.8	Nepoužívané kabely .....	70
6.8.1	Zakončení pomocí pružného pouzdra.....	71
6.8.2	Zakončení pomocí smršťovacího pouzdra.....	72
6.9	Uzemnění a ukostření.....	73
6.9.1	Ukostření.....	74
6.9.2	Uzemnění .....	74
7	Závěr.....	76
	<i>Poděkování</i> .....	76
	Seznam literatury .....	77
	Použitá literatura.....	77
	Webové stránky .....	77

## **Stanovení cílů**

Cílem této bakalářské práce je vytvoření výukového materiálu k systém EWIS. Stěžejním bodem celé práce je vytvoření prezentace, která bude sloužit společnosti JOB AIR Technic a.s., k proškolení jejich zaměstnanců v dané problematice. V plánu je i provedení prvních školení ještě před odevzdáním bakalářské práce, aby součástí hodnocení mohla být zpětná vazba z výuky.

# 1 Úvod

Myšlenky a sny o létání jsou zřejmě staré jako lidstvo samo. Tyto touhy byly živeny mnoha historkami a bájemí. Mezi nejznámější ty bezesporu patří příběh o Ikarovi a jeho synovi Daidalovi, jehož touha letět výš ho nakonec stála život.

Ve skutečnosti se však člověk do vzduchu dostal nejspíše až v 6. století v oblasti dnešní Číny, odkud jsou písemně doloženy zmínky o prvních letcích na šarkanech. V Evropě jsou první zmínky o kluzácích a plachtících strojích z 9. až 11. století. Jedním z velkých snů o letectví byl Leonardo da Vinci, který během svého života navrhl a nakreslil mnoho létajících strojů. Ovšem žádný z nich se nikdy nedočkal zkonstruování. Velký mezník v létání přichází až o bezmála tři sta let později, když si v roce 1783 bratři Joseph Michel a Jacques Étienne Montgolfierové uvědomili, že teplý vzduch má menší hustotu než vzduch studený. Nechali tedy teplým vzduchem naplnit papírový balón, který se i s posádkou dvou dobrodruhů (Jean-François Pilâtre de Rozier a François Laurent d'Arlandes ) vznesl vzhůru do oblak. Tím lidstvo otevřelo kapitolu letectví, kterou dnes nazýváme jako aeronautika. Je to odvětví, které se zabývá létajícími stroji lehčími než vzduch. Tedy balóny a vzducholoděmi. 18. století bylo pro letectví velice přínosné, neboť už v roce 1738 švýcarský matematik Daniel Bernoulli objevil princip vztaku. Tím položil základy aviatiky, což je druhá část letectví, která se zabývá létajícími stroji těžšími než vzduch. Bernoulliho poznatky, doplněné zkušenostmi ze studia aerodynamiky čapích křídel, přivedlo Karla Wilhelma Otto Lilienthala na myšlenku nové konstrukce kluzáků. Na konci 19. století tak uskutečnil se svými stroji více jak 2000 letů. Ovšem nejvýznamnější okamžik v historii letectví měl teprve přijít. Byl jím 17. prosinec roku 1903, kdy do vzduchu vzlétl Flyer I, skutečné letadlo tak jak ho známe dnes. Za tímto úspěchem stáli bratři Wrihgtové. Oni sami začínali s konstrukcí kluzáků. Šli ale úplně jinou cestou než ostatní. Nechali si sestavit vlastní aerodynamický tunel, kde testovali různé tvary křídel, vymysleli nový způsob řízení a vlastnoručně si vyrobili vrtuli i nový motor. To vše jim předurčilo úspěch.

Hlavní úkol, dostat stroj s vlastním pohonem do vzduchu, byl splněn. Teď přišla řada na jejich zdokonalování, aby mohly létat výš a dál. Tyto modernizace byly také spojeny se zaváděním elektřiny do letadel. Bylo totiž nutné osvětlit přístroje na palubní desce, ale i letadlo samo. Elektřina se používala také pro odmrazování či v zapalovacích soustavách motorů. K tomuto účelu sloužily akumulátory a dynama s napětím 6V, 8V nebo 12V.

Mezi léty 1920 až 1950 došlo v letectví k velkému technologickému pokroku a to především vlivem 2. Světové války. Elektřina už neslouží pouze k osvětlení přístrojů, ale podílí se i na jejich vlastní funkci. Do letadel se dostávají nová zařízení jako například radiostanice, radionavigační přístroje, elektromechanické zaměřovače (první generace palubních systémů) nebo elektronicky řízená čerpadla. Přívod elektrické energie zajišťují akumulátory a dynama s napětím 24V, 27V nebo alternátory s napětím 115V, 200V s variabilní frekvencí.

V 50. a 60. letech 20. století dochází k razantním změnám na palubní desce. Velké dopravní letadla a letadla překračující supersonické rychlosti potřebovaly snímat větší množství parametrů. Z toho důvodu se navýšilo množství přístrojů v kabině pilota. To samozřejmě způsobilo zvýšení spotřeby elektrické energie. Síť byla napájena akumulátory o napětí 24V nebo generátory jednosměrného napětí o hodnotách 28V. Střídavé napětí vyráběly alternátory zajišťující výstup 120V nebo 208V, obě o frekvenci 400Hz.

Od 70. let 20. století dochází k modernizaci přístrojů. Především přechod na číslíkové zpracování dat, což je spojeno se zavedením počítačů, mikroprocesorů a mimo jiné také obrazovek na přístrojových deskách. Systémy se staly mnohem složitější a dochází k jejich vzájemné provázanosti. Dodávka energie je zajištěna pomocí akumulátorů a generátorů stejnosměrného napětí o hodnotě 28V nebo pomocí alternátorů zajišťující střídavé napětí o hodnotě 115V a frekvenci 400Hz.

Všechny modernizace měly za úkol zkvalitnit a zlepšit leteckou dopravu. Postupem se ukázalo, že některé modernizace mají i svá úskalí. S nárůstem elektrických prvků v letadle stoupalo také množství použitých kabelů. Dnes je délka veškeré kabeláže v letadle počítána na kilometry. Čas od času docházelo k menším poruchám, ale jelikož se jednalo pouze o spojovací prvky celého systému, nikdo jim nevěnoval přílišnou pozornost. Zlom nastal až v letech 1996 a 1998, kdy při vyšetřování dvou leteckých katastrof, při kterých zahynulo dohromady 459 lidí, bylo jasně prokázáno, že je způsobila vadná elektroinstalace. Na základě těchto skutečností se začal vytvářet EWIS. Což je výukový systém zabývající se kabelovými systémy v letadlech. A právě výukovému programu pro EWIS se věnuje tato bakalářská práce.

## **2 Úvod k systému EWIS**

### **2.1 Účel**

Důvodem pro zavedení školení v oblasti elektroinstalace v letadle byly především dvě tragédie z let 1996 a 1998. To ovšem byly jen špičky ledovce. I předtím se vyskytlo mnoho případů, kdy se v kabině vyskytl zápach kouře. Často tento zápach vycházel z klimatizace. Stopy kouře v klimatizaci jsou u dopravních letadel běžné, a proto se tomu nevěnovala zvýšená pozornost. Ale stávalo se, že kouř byl skutečně předzvěstí požáru. V takovýchto případech museli piloti vyhlásit stav tísně a přistát na nejbližším letišti. Vyšetřováními bylo zjištěno, že se jednalo o důsledek špatné údržby kabelových systémů letadla. Kabely byly často poničeny vlivem chybné instalace, špatného zacházení nebo byly poničeny kontaminačními zdroji. Z těchto důvodů bylo na popud organizace ASTRAC vytvořeny školicí plány zabývající se problematikou ochrany a kontroly kabeláže.

### **2.2 ATSRAC**

Oficiální název zní Aging Transport Systems Rulemaking Advisory Committee. Tato organizace byla založena z nařízení FAA číslo 1110.127, 19. ledna 1999 ve Spojených státech amerických. Jedná se o federální poradní orgán, jehož úkolem je poskytovat veřejná doporučení pro FAA. Primárním úkolem organizace je navrhopat revize federálních leteckých předpisů a souvisejících materiálů tak, aby nekonstrukční systémy jak jsou v dopravních letadlech navrženy, byly kontrolovány a byla zajištěna jejich bezpečnost během celé životnosti letadla.

### **2.3 Školení**

Školení pro EWIS je rozděleno do 7 modulů, označovaných písmeny A, B, C, D, E, F, G. Každý modul se zabývá jinou problematikou ve vztahu ke kabeláži.



Moduly:

- A. EWIS obecně
- B. Dokumentace
- C. Kontroly
- D. Ochrana a čistota
- E. Kabeláž
- F. Spojovací zařízení
- G. Opravy spojovacích zařízení

Každý modul obsahuje podkategorie, které v sobě musí daná výuková prezentace zahrnovat.

Rozsah výuky se liší také podle toho, komu je prezentována. Proškolení pro EWIS je určen pro 8 různých skupin zaměstnanců.

Skupiny:

1. Pracovníci kvalifikovaní pro provádění oprav na kabelových systémech (technici kategorie B2)
2. Pracovníci kvalifikovaní pro provádění inspekci na kabelových systémech (technici kategorie B2, inspektoři)
3. Pracovníci kvalifikovaní pro návrh instalace, modifikace a opravy kabelových systémů (elektrikáři, avionik – inženýr)
4. Pracovníci kvalifikovaní pro údržbu a inspekce letadla, nezahrnující opravy kabelových systémů (technici kategorie A a B1)
5. Pracovníci kvalifikovaní pro vytváření a plánování servisních prací
6. Další servisní pracovníci, kteří mohou přijít do styku s některými prvky EWIS (čističi, nakladači zavazadel, zaměstnanci zajišťující doplnění paliva, obsluha tažných a tlačných zařízení, obsluha odmrazovací techniky, obsluha toalet)
7. Posádka letadla (piloti, palubní inženýři)
8. Palubní průvodčí

Každá skupina má různý počet výukových modulů v různém rozsahu.

Skupina	Rozsah výuky (moduly)
1	Plně: A, B, D, F, G Částečně: C, E
2	Plně: B, C, E, F Částečně: A, D
3	Plně: B, E, F Částečně: D
4	Plně: A, D Částečně: C, E
5	Plně: C Částečně: D, E
6	Částečně: A, C, D, E
7	Částečně: A, C, D, E
8	Částečně: A, C, D, E

*Tab. 1.1.: Rozsah výuky jednotlivých skupin*

Nejprve by mělo proběhnout úvodní školení (initial training). Toto školení musí být provedeno u všech skupin pracovníků v uvedeném rozsahu.

Další, obnovovací školení (refresher training), by se mělo konat nejpozději po 2 letech. Při tomto školení je možno použít původní výukovou prezentaci, doplněnou o aktuality a novinky v dané problematice.

Každá výuka nebo školení musí být zakončeno výstupním nebo kontrolním testem, který prověří, zdali jsou znalosti dostatečné pro výkon povolání.

## 2.4 Definice

Následující definice objasní význam často používaných výrazů a zkratk v systému EWIS.

**EWIS** – Zahrnuje v sobě elektrická spojení mezi dvěma nebo více místy včetně souvisejících ukončení, zařízení a prostředků nezbytných pro instalaci a identifikaci.

**Arc Tracking** (stopa elektrického oblouku) – Je jev, při kterém se vytváří uhlíková vodivostní cesta přes izolační povrch. Normálně vzniká při elektrickém oblouku.

**Combustible** (hořlavý, zápalný) - je schopnost některých pevných, kapalných a plyných látek samostatně hořet i po odstranění zdroje požáru. Tento termín je používán v místech označených jako inflammable/flammable (hořlavý). Nemělo by to být vykládáno jako materiál, který začne hořet, pokud je dlouhou dobu vystaven vysoké teplotě.

**Contamination** (kontaminace)

- přítomnost cizích materiálů vedoucích k degradaci kabeláže
- přítomnost cizích materiálů schopných udržet hoření i po odstranění zdroje požáru

**Function Failure** (funkční selhání) – selhání předmětu sloužícího k plnění dané funkce.

**Lightning/High Intensity Radiated Field (L/HIRF) protection** (ochrana před vysokou intenzitou ozařování) – ochrana elektrického systému letadla před indukovaným napětím nebo proudem, formou stíněných vodičů, kostřících spojek, konektorů, kompozitního pláště s vodící sítí nebo statického výboje a vodivosti vlastní konstrukce.

**Maintenance** (údržba) – tento pojem do sebe zahrnuje inspekce (kontroly), generální opravy, opravy, ochranu a výměnu částí. Nepatří zde preventivní údržba (předletová kontrola).

**Maintenance Significant Item (MSI)** – jsou položky označené výrobcem jako poruchové. V minulosti na některém letadle došlo k selhání dané součástky.

- Mohou mít vliv na bezpečnost
- Jsou nezjistitelné během provozu
- Mohou mít významný vliv na provoz
- Mohou mít významný vliv na ekonomiku provozu

**Needling** – propíchnutí izolace až k drátu, za účelem otestování kontinuity a přítomnosti napětí v drátu.

**Structure Significant Item (SSI)** – každý detail, prvek nebo montáž, které významně přispívají k letovým vlastnostem, vlastnostem na zemi a tlakovým vlastnostem letadla. Je zde zahrnuta také kontrola břemen a částí, jejichž porušení by mohly mít vliv na celkovou integritu letadla.

**Swarf** (třísky, piliny) – je termín označující částice kovu vzniklé při vrtání, broušení a jiných soustružnických procesech. Jejich nahromadění mezi kabely může způsobit prodření izolace a následnou poruchu.

**Line Replaceable Unit (LRU)** – jedná se o vyměnitelné bloky. Bloky často obsahují celé systémy, např. TCAS. Jsou velmi náchylné na výboj statické elektřiny. Proto se s nimi musí manipulovat velmi opatrně a podle předepsaných postupů.

## 2.5 Co EWIS obsahuje

Systém EWIS v sobě zahrnuje velkou škálu nářadí a součástek spojených s kabelovým systémem. Zjednodušeně se dá říci, že do EWIS patří všechny části

elektrického systému od výstupu z přístroje až po vstup do přístroje jiného, včetně nářadí a postupů sloužících k jeho údržbě.

Součásti používané na letadle, spadající do EWIS:

- Vodiče a kabely
- Sběrnice
- Konektory, příslušenství a jiná připojení k elektrickým přístrojům
- Jiné elektrické spoje
- Elektrické uzemnění, přemostění a ukostření potrubí, stínění
- Jističe a jiné prvky ochrany elektrických obvodů
- Materiály používané na ochranu vodičů
- Vázací prostředky, objímky a jiná zařízení k upevnění a vedení kabelových svazků
- Štítky a identifikační prostředky
- Tlakové těsnění spojené s EWIS (tlakové těsnění sloužící k vedení kabelů)

## **2.6 Co EWIS neobsahuje**

Do systému EWIS nepatří přístroje ani jejich vnitřní obvody. Součástí nejsou také přenosná a doplňková zařízení, která nejsou permanentně součástí elektronického vybavení letadla. Také optické kabely nespádají pod EWIS.

## **2.7 Letecké katastrofy spojené s EWIS**

Ne nadarmo se říká, že pravidla v letectví jsou psána krví těch, kteří v letadlech zahynuli při různých katastrofách. A až na popud těchto tragédií se začaly věci dávat do pohybu. Jedním ze zářných případů je zavedení důkladnějších a komplexnějších kontrol kabeláže, tedy zavedení systému EWIS. Tento impuls byl dán po dvou katastrofách v letech 1996 a 1998, při kterých zahynulo všech 459 osob, jež byly na palubách letadel.

### **2.7.1 Trans World Airlines (TWA – 800)**

Jednalo se o havárii letounu Boeing 747-131 vyrobeného v roce 1971. Havárie se stala 17. července roku 1996, při letu z New Yorku do Paříže. Na palubě letadla bylo 212 cestujících a 18 členů posádky. Letu velel Steven Snyder. Kapitán, který měl na Boeingu 747 odlétáno více jak 4700 hodin. Druhým pilotem byl Ralf Kevorkian, také velmi zkušený pilot. Místo palubního technika zastával Richard Cembell. Letadlo mělo nalétáno 16 000 letů.

Před odletem se do nádrží v křídlech natankovalo 6000 litrů paliva. Což bylo dostačující množství pro let do Paříže, a proto zůstala centrální nádrž takřka prázdná. Bylo v ní pouze 190 litrů paliva. Těsně před startem dochází ke zdržení, protože chybí jedna cestující. Letadlo nemůže odletět. Jedná se o jedno z nařízení vzniklých po teroristickém útoku v roce 1988 na letadlo Boeing 747 nad skotským Lockerbie. Vyplývá z něho, že každý kdo má v letadle svá zavazadla musí být osobně na palubě přítomen. Po více jak hodině je zjištěno, že cestující byla celou dobu na svém místě. Letadlo startuje se zpožděním. Vše probíhalo podle plánu, ale po 12 minutách letadlo vybuchlo a zřítilo se do oceánu.

Katastrofu začne vyšetřovat James Kallstrom, zástupce ředitele FBI v New Yorku. Výpovědi svědků se rozcházejí. Piloti nedalekého letadla vypověděli, že letadlo z ničeho nic vybuchlo. Svědkové ze země zase tvrdili, že viděli, jak se k letadlu před výbuchem něco blíží. Byly dokonce pořízeny 2 fotografie, na kterých skutečně něco bylo. U první se zjistilo, že jde o úplně jiný letoun. Na druhé fotografii šlo zase o chybu na snímku samotném. Podstatné bylo, že vyšetřovatelé se domnívali, že šlo o teroristický útok. Vyrojily se také spekulace, které katastrofu připisovaly armádě Spojených států amerických. Jako důkaz byly podány záznamy z radaru, na kterých se v blízkosti letadla opravdu něco pohybuje a také to, že dráha letu vedla po hranici vojenské střelnice. Experti zjistili, že předmět v blízkosti letadla byl způsoben interferencí, obecně nazývané jako radarové duchy. FBI také zkontrolovala všechna plavidla ve vojenském prostoru a nedošlo k žádnému pochybení. Po 7 dnech hledání potápěči vylovili černé skříňky. Ty ale vyšetřovatelům nic neřekly. Pouze to, že piloti na vzniklou situaci nemohli ani reagovat. Jedinou možností bylo vyzvednutí trosk a sestavení letadla. Tímto úkolem byla pověřena NTSB – National Transportation Safety Board (národní komise pro bezpečnost v dopravě). Když byly trosky znovu složeny dohromady, byly na trupu zjištěny trhliny. Když spočítali jejich šíření, zjistili, že všechny vycházejí z jednoho místa. Z části trupu pod centrální nádrží. Vyšetřovatelé se tedy domnívali, že došlo k explozi nádrže. V nádrži explodovaly výpary z malého množství paliva na dně nádrže. K vypařování přispělo také zdržení před startem, protože pod centrální nádrží se nachází klimatizace, která zajišťovala příjemné prostředí v kabině během čekání na rozpálené runwayi. Klimatizace fungovala naplno a navíc je do ní přiváděn horký vzduch od motorů. Zjistilo se, že vznícení způsobil nejspíš elektrický zkrat. Proto se vyšetřovatelé zaměřili na elektroinstalaci letadla. Byli nemile překvapeni jejím stavem. Nacházeli dráty s popraskanou izolací, polité různými kapalinami, odřené nebo dokonce opravené páskou. Výsledkem vyšetřování bylo, že z kabelů vysokého napětí vlivem

poškození přeskočilo napětí do kabelů s nízkým napětím, vedoucími do měřičů paliva v nádrži, kde skrz prodřenou izolaci vznikl výboj, který zapálil prudce vznětlivou směs výparů paliva a vzduchu.

Důsledkem vyšetřování bylo 70 nových nařízení FAA týkajících se zlepšení izolace kabelů a zavedení systému inertních plynů v nádržích.



*Obr. 2.1.: Trans World Airlines (TWA – 800)*

#### 2.7.2 Swissair (SR – 111)

Při tomto letu společnosti Swissair na pravidelné lince z New Yorku do Ženevy došlo k tragické havárii letadla McDonnell Douglas MD – 11. Letadlo bylo vyrobeno v roce 1991. Patřilo mezi nejmodernější dopravní letadla. Na palubě letadla bylo 215 pasažérů a 14 členů posádky. Letu velel kapitán Urs Zimmermman. Prvním důstojníkem byl Stephan Loew. Tragédie se odehrála 2. září v roce 1998 na východním pobřeží Kanady, poblíž Halifaxu.

Let po startu probíhal naprosto standardně a bez problémů. Asi po 50 minutách letu oba piloti ucítili kouř v kokpitu. Loew zkontroloval ventilaci, ale nic nezjistil. Kapitán ještě pro jistotu zavolal stevardku, která jim potvrdila, že také něco cítí. Všichni se shodli na tom, že jde o neškodné stopy kouře z klimatizace. Ty jsou u dopravních letadel běžné. Aby je kouř dále neobtěžoval, nechal kapitán zavřít přívod klimatizace do kokpitu. Po necelé minutě se kouř v kokpitu objevil znovu. To už se pilotům zdálo podezřelé, a proto vyhlásili stav tísně (pan-pan). Podle předpisů odklonili let, s předpokladem přistání v 550 kilometrech vzdáleném Bostonu. Boston vybral kapitán Urs Zimmermman, protože letiště dobře znal. Řídicí letového provozu přesměrovali let do Halifaxu, který byl vzdálen pouze 120 kilometrů. Na základě vyhlášení stavu tísně dostal

letoun prioritu a do pohotovosti byly uvedeny záchranné složky. Hustota kouře v kokpitu stoupala. Piloti si nasadili dýchací masky. Kapitán začal provádět předepsané úkony a první důstojník řídil letadlo k sestupu na přistání. Piloti zažádali o vypuštění paliva. Řídicí letového provozu je musel tedy znova navést s odklonem od sestupové roviny tak, aby mohli nad oceánem vypustit palivo. O chvíli později vyhlásují stav nouze, protože se v kokpitu objevují plameny. Po 30 sekundách zhasínají všechny obrazovky a Loew letí pouze podle záložních přístrojů. Dochází k přerušení komunikace s letadlem. Letadlo se zřítilo do zálivu v Novém Skotsku.

Na vyšetřování spolupracují složky NTSB, Swissairu, Boeingu a Královské kanadské jízdní policie. Letadlo se po dopadu roztržilo na mnoho částí, které se rozprostíraly na velké ploše. Bylo nutné je všechny vyzvednout a prozkoumat. Nejprve nastoupili potápěči a malé, dálkově ovládané ponorky, které vyzvedávaly menší úlomky. Pro vyzvednutí motorů, podvozků a jiných objemných částí sloužila speciálně upravená loď. Úlomky letadla se začaly sestavovat na drátěný model v nedalekém hangáru. Černé skříňky, které se našly, prozradily jen to, že všechny systémy fungovaly bez problémů až do konce záznamu. Ten ovšem skončil asi šest minut před pádem letadla. Na úlomcích ze zadní části kokpitu bylo zřetelné ožehnutí od elektrického oblouku. Podezření padlo na zábavní systém, instalovaný v 1. třídě. Jeho problémem bylo, že i přes to, že piloti vypnuli přívod elektrické energie do kabiny cestujících, do zábavního systému stále proudilo napětí. Ale ani toto nebyl skutečný zdroj požáru. Požár se z kokpitu ke kuchyňkám šířil velmi rychle. Některé části vykazovaly poškození teplotami až 600 °C. Po detailním prozkoumání časové osy se zjistilo, že letadlo by do Halifaxu nejspíš nikdy nedoletělo. Vyšetřovatelé potřebovali více informací. Proto z Nizozemí připlula speciální loď, která vysávala písek, vodu a drobné úlomky z moře do svých útrob, odkud vše cestovalo do rezervoárů na pobřeží. Když voda otekla, začalo pečlivé třídění. Po 15 měsících zkoumání a vyšetřování experti našli drát, na kterém pravděpodobně vznikl elektrický oblouk. Ten zapálil velmi hořlavý materiál (metalizovaný polyethyléntereftalát), který se používal jako izolace. Podle testů měl po zapálení sám přestat hořet, ale komisaři zjistili, že naopak podporuje hoření. Díky tomuto materiálu se požár rozšířil v celém prostoru za kokpitem.

Důsledkem vyšetřování bylo přehodnocení všech norem vztahujících se k hořlavosti materiálů v letadlech. FAA také nařídila odstranění metalizovaného polyethyléntereftalátu ze všech letadel. Tato izolace byla velmi používaná. Nacházela se prakticky v každém letadle. V mnoha letadlech byly nově instalovány kouřové detektory a kamery v nepřístupných místech. Mnoho leteckých společností také přehodnotilo své

postupy úkonů tak, aby se s letadlem dalo v případě požáru co nejdříve přistát. Problémem stále zůstává, že zavádění nových pravidel a nařízení je velmi pomalé. Ještě v roce 2003 se nebezpečný metalizovaný polyethyléntereftalát nacházel ve 2/3 letadel.



*Obr. 2.2.: Swissair (SR – 111)*



### 3 MODUL A – EWIS obecně

Modul A se zabývá především obecnými pravidly a zákonitostmi. Jedná se o úvod do problematiky EWIS, ve kterém jsou popsány základní bezpečnostní pravidla, nářadí, měřicí technika, základní dokumentace a některé pracovní postupy.

#### 3.1 Bezpečnostní postupy

První částí modulu A jsou bezpečnostní postupy. Tato kapitola popisuje základní bezpečnostní pravidla při práci s elektřinou, poukazuje na různé druhy nebezpečí ze strany přístrojů, ale také ze strany lidského faktoru. Součástí je obecný popis bezpečnostních prvků (jističe) a výstražných tabulek. Posluchač se seznámí s pravidly první pomoci při úrazu proudem.

##### 3.1.1 *Možná nebezpečí*

Při práci na elektroinstalaci letadla může dojít jak k újmě na zdraví, tak k hmotným škodám na letadle nebo okolních přístrojích. Mezi největší nebezpečí patří úraz elektrickým proudem. Tyto úrazy jsou velmi nebezpečné a často zanechávají doživotní následky. Dochází k nim při dotyku těla s odkrytou částí zapojeného elektrického vodiče. Po zásahu elektrickým proudem ve velké většině případů dochází k zástavě dechu a srdeční funkce. Na kůži jsou znatelné popáleniny.

Pro přístroje je velmi nebezpečným jevem zkrat. Obecně se jedná o spojení pólů zdroje bez zátěže – spojení nakrátko. Vodičem začne procházet velký proud, čímž dojde k prudkému nárůstu teploty. Při údržbě může docházet ke zkratu například kontaktem vodiče s kovovým nářadím nebo při dotyku dvou vodičů.

Při údržbě se musí brát v potaz také bezpečný prostor kolem hořlavých a výbušných látek. Vlivem jiskry by mohlo dojít k jejich vznícení a k následnému požáru či výbuchu.

##### 3.1.2 *Nebezpečné hodnoty napětí a proudu*

Nebezpečné hodnoty napětí a proudu jsou závislé na okolním prostředí, především na vlhkosti. Odpor lidského těla se pohybuje v rozmezí 2-3 k $\Omega$ .

	Střídavé napětí	Stejnoseměrné napětí
Bezpečné prostředí (normální vlhkost)	50V	100V
Nebezpečné prostředí (vlhké prostředí)	24V	60V
Velmi nebezpečné prostředí (mokré prostředí)	12V	24V

*Tab. 3.1.: Nebezpečné hodnoty napětí a proudu*

Smrtelné hodnoty proudu jsou při střídavém průběhu 10mA a při stejnosměrném průběhu 25mA.

### *3.1.3 První pomoc při úrazu elektrickým proudem*

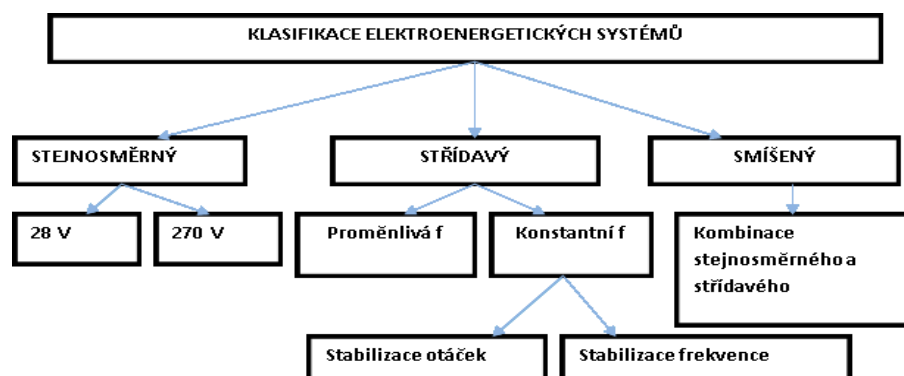
První pomoc při úrazu elektrickým proudem by měl znát každý pracovník, protože v nastalé situaci je nutné jednat rychle a impulzivně. Zároveň však záchránce musí dbát na vlastní bezpečnost.

- 1) Dostat postiženého z dosahu elektrického proudu
  - Pomocí nějakého izolovaného předmětu (dřevěná tyč, pruh látky, provaz...)
  - Vypnutí přívodu elektrické energie
- 2) Pokud je zraněný v bezvědomí, zjistit zda dýchá a nahmatat puls
- 3) Nejistíme-li puls, začneme s okamžitou masáží srdce a dýcháním z úst do úst
- 4) Jestliže zraněný pouze nedýchá, zahájme dýchání z úst do úst
- 5) Je-li zraněný pouze v bezvědomí, má hmatatelný puls a dýchá, uložíme jej do stabilizované polohy
- 6) Co nejdříve je to možné voláme záchrannou službu

Nikdy se zraněného nesmíme dotknout, pokud si nejsme naprosto jisti, že je mimo dosah elektrického proudu!

### *3.1.4 Hodnoty napětí používané v letadle*

Elektrické systémy v letadlech jsou konstruovány jak pro stejnosměrné, tak pro střídavé napětí. Stejnoseměrné napětí má hodnotu 28V a střídavé napětí 115V s frekvencí 400 Hz.



Obr. 3.1.: Klasifikace elektroenergetických systémů

### 3.1.5 Jističe

Jistič je elektrický přístroj, který při nadměrném elektrickém proudu (tzv. nadproudu - většinou při přetížení nebo zkratu) automaticky rozpojí elektrický obvod a tím může chránit obsluhu před možným úrazem elektrickým proudem a chráněné elektrické zařízení před jeho poškozením.

Základní funkce jističe:

- Bezpečné automatické vypnutí obvodu při zkratu
- Bezpečné automatické vypnutí obvodu při nadproudu
- Ruční vypnutí obvodu
- Ruční zapnutí obvodu



Obr. 3.2.: Jističe na panelu v zadní části pilotní kabiny

### 3.1.6 Varování

Při jakékoli manipulaci s elektrickým systémem letadla je nutné označit dané místo varovnými tabulkami. Podobné tabulky se musí umístit také na vypnutý jistič opravovaného okruhu nebo na přípojku pozemního zdroje.



Obr. 3.3.: Výstražné štítky na jističích

### 3.1.7 Lidský činitel

Letectví patří mezi vysoce rizikové oblasti lidské činnosti, protože i malá chyba nebo nedbalost může mít velké následky. Selhání lidí nebo techniky může mít za následek ztráty na lidských životech, velké materiální škody a v neposlední řadě také negativní celospolečenský dopad. Lidský činitel je technicko-přírodně-humanitní vědní obor, zabývající se optimalizací výkonnosti člověka. Prvky, které na výkonnost působí, jsou technologické postupy, fyziologie a psychologie člověka, hygiena práce a teorie komunikace, management chyb.

Lidé pracující na letecké technice by měli dodržovat zásady lidského činitele. Je důležité, aby si tito lidé byli vědomi následků své činnosti.

## 3.2 Zařízení citlivá na elektrostatický výboj

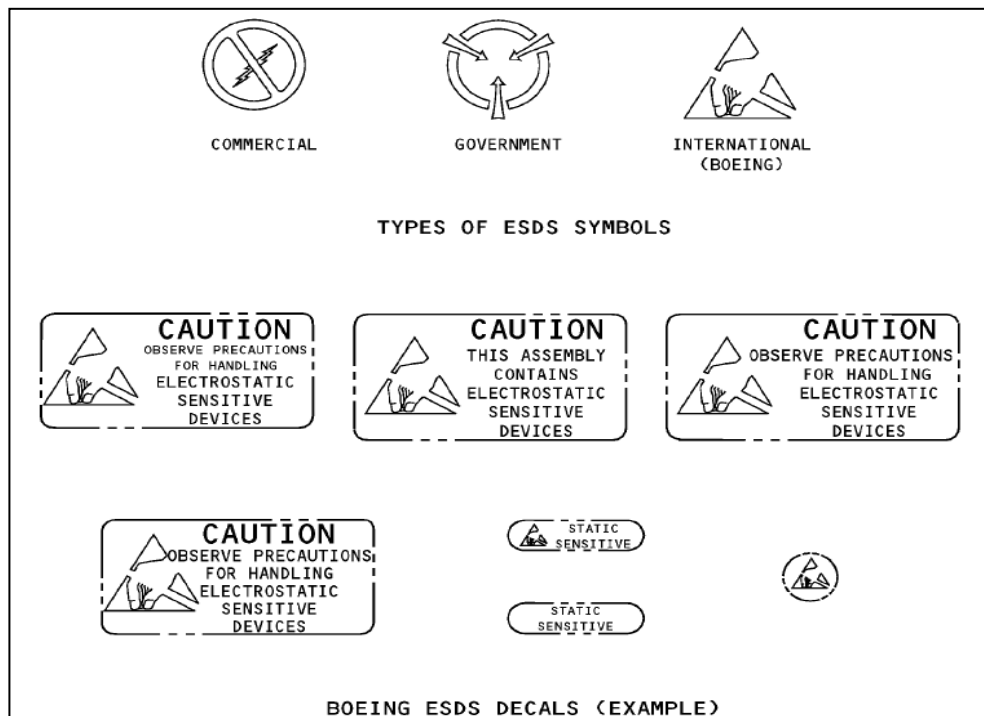
V letectví se tato zařízení označují zkratkou ESDS (Electrostatic Discharge Sensitive). Jedná se o velmi citlivé systémy (např. počítače), pro které by byl elektrostatický výboj o velkém napětí likvidační. Může docházet k chybám při jejich funkci nebo k jejich úplnému zničení. Tato zařízení jsou většinou umísťována do LRU (Line Replaceable Unit). Proto při manipulaci s nimi musíme dodržovat přísná pravidla. Elektrostatický výboj vzniká od lidského těla, vlasů, oblečení, podlahy nebo jiného vybavení. I velmi malý výboj může způsobit velké poškození!

### 3.2.1 Nabíjení letadla elektrostatickým nábojem na zemi

K nabíjení letadla na zemi může docházet díky dopadání (tření) částic na povrch letadla. Může se jednat o srážky, prach atd. Vlivem srážek se letoun nabíjí kladným nábojem. Letadlo stojící na zemi musí být vždy uzemněno připojením k místu s nulovým potenciálem.

### 3.2.2 Štítky označující ESDS

Každý předmět obsahující části citlivé na elektrostatický výboj (ESDS) musí být viditelně označen, aby nemohlo dojít k nevhodné manipulaci, která by měla za následek zničení přístroje.



Obr. 3.4.: Označení ESDS zařízení

### 3.2.3 Antistatické vybavení

Pracovní prostor, kde se manipuluje s ESDS musí být speciálně upraven. Stůl na sobě musí mít speciální uzemněnou antistatickou podložku. Uzemněná musí být také podlaha, na které je pracovní stůl. Ten musí obsahovat přípojku pro připojení antistatického náramku.

Technik musí mít pracovní blůzu a kalhoty, boty s gumovou podrážkou, rukavice nebo antistatický náramek.

### 3.2.4 Manipulace a uskladnění

Při jakékoli manipulaci s ESDS zařízením musí mít technik nasazený a řádně připojený antistatický náramek, který brání vzniku elektrostatického náboje. Náramek se musí plně dotýkat kůže. Před každou manipulací s ESDS je dobré provést statickou kontrolu vlastního těla (wrist strap test). K této kontrole se vyrábějí celá zařízení, ale lze ji provést také pomocí ohmmetru.

Postup statické kontroly:

- 1) Konec náramku připojte k uzemnění
- 2) Nastavte přístroj na potřebný rozsah
- 3) Dotkněte se červeného kontaktu na měřidle vedoucí k odporové části poutka
- 4) Naměřená hodnota musí být v rozmezí 250 000  $\Omega$  až 1 500 000  $\Omega$
- 5) Nasad'te si náramek
- 6) Chytněte červený vodič mezi palec a ukazováček
- 7) Naměřená hodnota musí být menší než 10 000 000  $\Omega$

Mezi základní práce týkající se ESDS zřízení patří montáž a demontáž plošných spojů, montáž a demontáž vodivých ochranných krytů a krytů konektorů, montáž a demontáž kovem krytých částí (např. LRU).

*a. Pokyny pro demontáž plošných spojů*

- 1) Ujistěte se, že na danou desku plošného spoje není přivedena elektrická energie
- 2) Proveďte kontrolu statické elektřiny svého těla (wrist strap test) a náramek připojte k uzemnění
- 3) Odstraňte desku s plošnými spoji
- 4) Vložte desku s plošnými spoji do antistatického pytle nebo kontejneru
- 5) Pro zavázání pytle použijte provaz tvořený 100% bavlnou
- 6) Náramek nesundávejte, dokud neuzavřete LRU jednotku

*b. Pokyny pro montáž plošných spojů*

- 1) Ujistěte se, že na danou desku plošného spoje není přivedena elektrická energie
- 2) Proveďte kontrolu statické elektřiny vlastního těla (wrist strap test) a náramek připojte k uzemnění
- 3) Vyjměte desku s plošnými spoji z antistatického pytle nebo kontejneru
- 4) Nainstalujte desku s plošnými spoji podle pokynů
- 5) Náramek nesundávejte, dokud neuzavřete LRU jednotku

*c. Pokyny pro demontáž vodivého ochranného krytu a krytu konektoru*

- 1) Odstraňte všechny vodivé ochranné kryty a kryty konektorů z části připravené na instalaci
- 2) Nainstalujte ESDS jednotku
- 3) Nedotýkejte se pinů nebo jiných vodičů dané části – mohlo by dojít k elektrostatickému poškození

*d. Pokyny pro montáž vodivého ochranného krytu a krytu konektoru*

- 1) Demontujte ESDS jednotku podle stanoveného postupu
- 2) Na konektory nainstalujte standardní kryty konektorů bez označení a vodivé ochranné kryty s ESDS označením
- 3) S demontovanou jednotkou manipulujte podle postupu

*e. Pokyny pro demontáž kovem krytých částí*

- 1) Ujistěte se, že na danou desku plošného spoje není přivedena elektrická energie
- 2) Proveďte kontrolu statické elektřiny vlastního těla (wrist strap test) a náramek připojte k uzemnění
- 3) Demontujte ESDS jednotku
- 4) Dále postupujte jako při instalaci vodivého ochranného krytu a krytu konektoru
- 5) Sejmутí antistatického náramku

*f. Pokyny pro montáž kovem krytých částí*

- 1) Ujistěte se, že na danou desku plošného spoje není přivedena elektrická energie
- 2) Proveďte kontrolu statické elektřiny vlastního těla (wrist strap test) a náramek připojte k uzemnění
- 3) Dále postupujte jako při demontáži vodivého ochranného krytu a krytu konektoru
- 4) Nainstalujte ESDS jednotku
- 5) Sejmутí antistatického náramku

ESDS předměty se musí skladovat ve speciálních antistatických pytlích.





*Obr. 3.5.: Antistatický pytel pro skladování ESDS předmětů*

### **3.3 Nářadí a vybavení**

Pro práci na elektrickém systému letadla je důležité, aby všechno používané nářadí mělo náležitou izolaci, především na rukojetích. K práci se používá mnoho kleští různých funkcí.

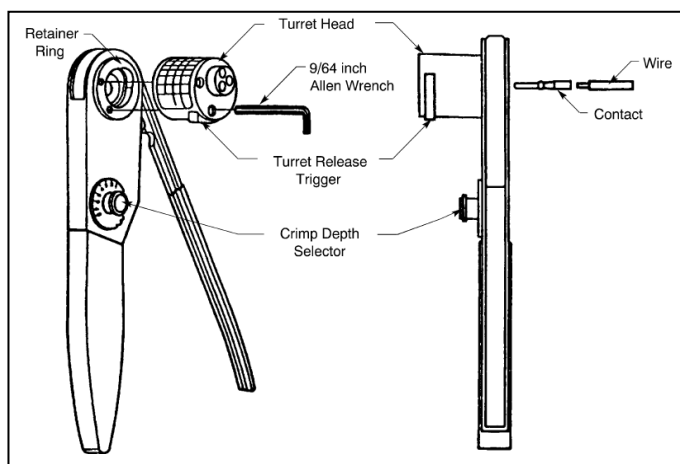


*Obr. 3.6.: Různé typy kleští*

Každý typ letadla (společnost, která letadla vyrábí) má vlastní sestavu (kufřík) se speciálními kleštěmi a přípravky pro práci na elektroinstalaci. Toto nářadí slouží hlavně pro přípravu pinů a jejich vypínování do konektorů. Jedná se především o krimpovací kleště pro různé průměry drátů, nástavce na krimpovací kleště, kleště pro odstranění izolace nebo přípravky pro rozpojení pinů. Obrázky vybavení kufříku jsou v kapitolách 3.3.1 až 3.3.7 (obrázky již nejsou zvláště číslovány).

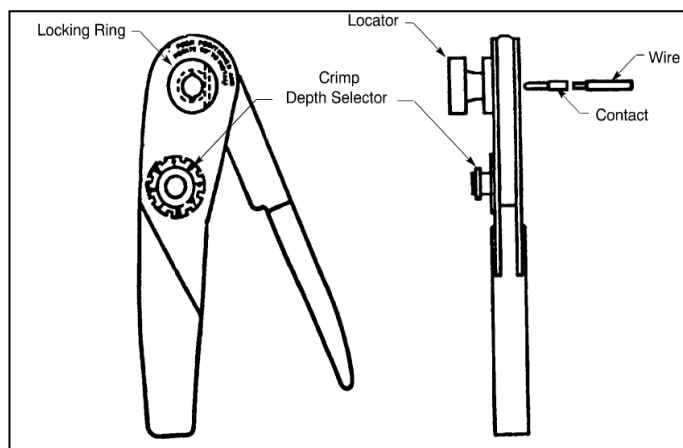


### 3.3.1 Krimpovací kleště M22520/1-01



### 3.3.2 Krimpovací kleště M22520/2-01





3.3.3 *Krimpovací kleště M22520/5-01*



3.3.4 *GTM-232 – kleště na zalisování spojek*



### 3.3.5 *Kleště na odizolování drátu*



### 3.3.6 *Přípravky pro vypinování*



### 3.3.7 *Kompletní sada nářadí*





### 3.4 Nářadí a nástroje podléhající certifikaci a kalibraci

Většina speciálních nářadí a přípravků používaných pro práci na letadle musí být certifikována. Kalibrace se většinou opakuje každý rok. Za to, že používaný přístroj je náležitě kalibrován a certifikován zodpovídá osoba, která jej v daném okamžiku používá. Na každém přístroji nebo nářadí musí být štítek s datem poslední kalibrace a certifikace.

#### 3.4.1 Kalibrace krimpovacích kleští M2252/I-01

Aby měly krimpovací kleště odpovídající stisk, musí být správně kalibrovány. Pokud by stisk nebyl odpovídající, mohlo by mezi drátem a pinem docházet oxidaci a postupnému upalování drátu.

Součástí každé krimpovací sady je přípravek na kalibraci. Na kleštích nastavíme hodnotu průměru drátu. Kleště stiskneme. Kalibrační přípravek má dvě strany. Dobrou (zelenou) a špatnou (červenou). Zelená část by měla bez problémů projít mezi čelistmi. Červená část mezi čelistmi projít nesmí.

#### 3.4.2 Multimetr Fluke 199C

Jedná se o zařízení sloužící pro základní měření elektrického proudu, napětí a odporu. Jeho výhodou je vlastní paměť pro ukládání naměřených dat a také možnost připojení k tiskárně. Přístroj se musí každý rok kalibrovat.



Obr. 3.7.: Fluke 199C





*Obr. 3.9.: Quadtech 1865*

### **3.5 Dokumenty a grafy potřebné k řešení problémů**

Kapitola se věnuje základnímu postupu při řešení problému a seznamuje se základními dokumenty a tabulkami používaných.

#### *3.5.1 Řešení problémů*

Při zjišťování poruchy na letadle se používá Fault Isolation Manual (FIM), který pomáhá rychle identifikovat problém. Při identifikaci závady je dobré také využít vlastní zkušenosti s daným typem letadla, zjistit si informace o podmínkách, za kterých porucha vznikla a zkontrolovat seznam s historií závad na konkrétním letadle. Není nutné postupovat krok po kroku podle FIM, ale než nějaký krok přeskočíte, ujistěte se, že jste si postup přečetl dříve, než začnete izolovat danou chybu. Některé postupy mohou začínat důležitými kroky, které pak mají vliv na další práci.

#### *3.5.2 Aircraft Maintenance Manual (AMM)*

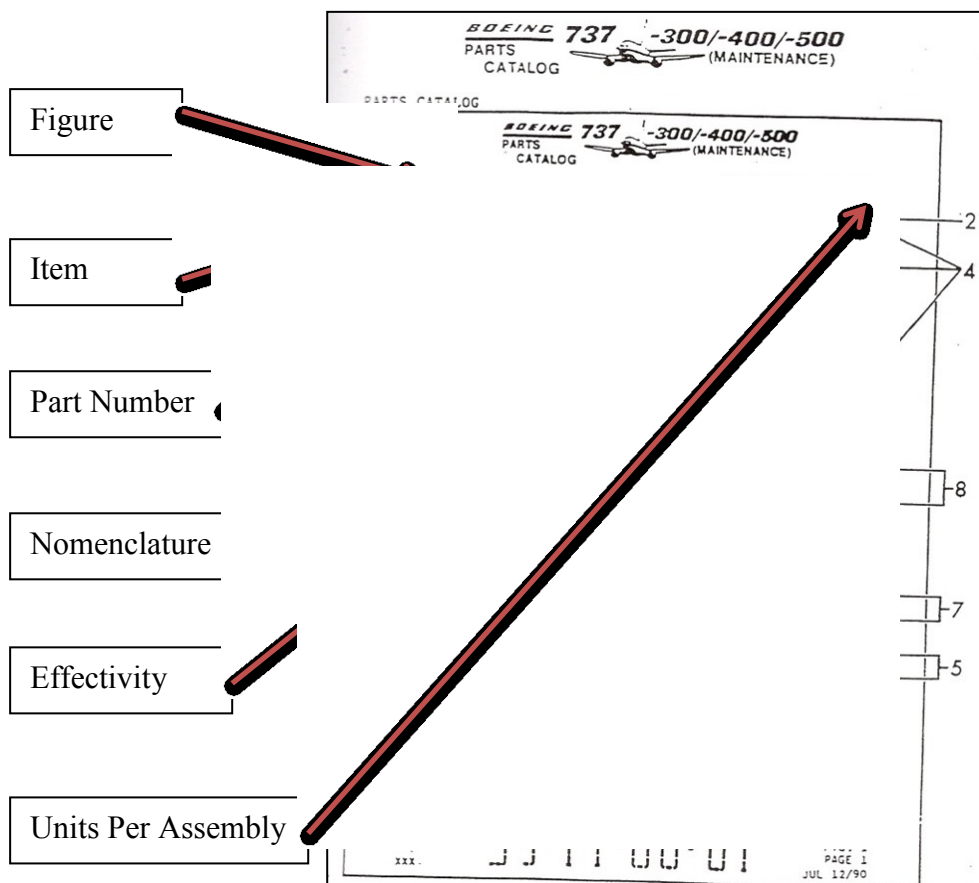
Tento dokument obsahuje veškeré údržbové a opravné procesy, které se na letadle provádějí. Je rozdělen do několika kategorií podle části letadla nebo jeho systému.

#### *3.5.3 Illustrated Parts Catalogue (IPC)*

Jedná se o dokument, sloužící k identifikaci částí. Pomáhá při jejich skladování, vydávání a objednávání. Je to seznam všech součástí na letadle.

Obsahuje tyto informace:

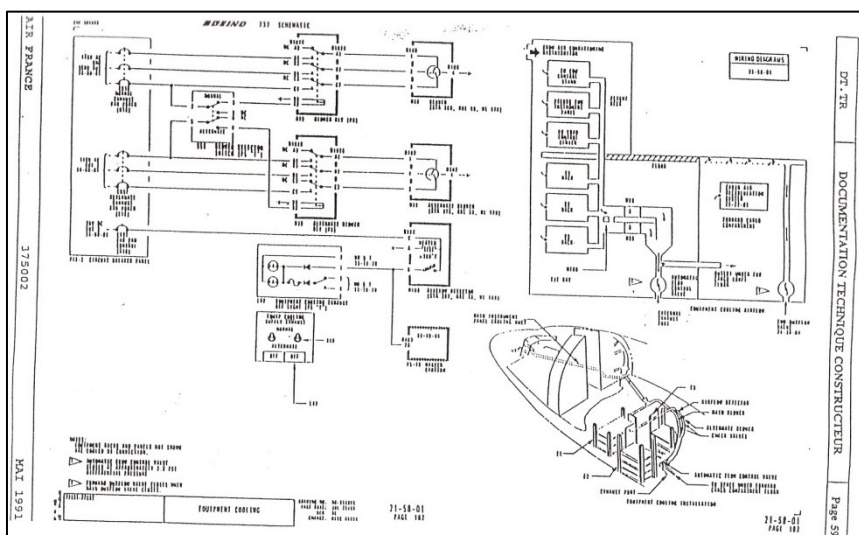
- Figure (číslo ilustrace)
- Item (číselné označení na ilustraci)
- Part Number (číselné označení součástky)
- Nomenclature (název)
- Effectivity (rozsah na kterých letadlech se tato součástka používá)
- Units Per Assembly (počet jednotek potřebných montáži)



Obr. 3.10.: Illustrated Parts Catalogue

#### 3.5.4 Wiring Schematics (WS)

Jedná se o soubor schématických nákrešů skutečných elektrických sítí. Slouží pro lepší orientaci v systému, snadnější vyhledávání a identifikaci konkrétních částí na letadle. Většinou bývá součástí Wiring Diagram Manualu (WDM). Každý předmět má své číselné označení (štítek na kabelovém svazku, číslo na kabelu...), které napomáhá k orientaci v kabelech. Toto číslo najdeme také ve schématech. WS je pro každé konkrétní letadlo specifický. V levém dolním rohu každého schématu je uvedeno výrobní číslo letadla, kterému dané schéma odpovídá.



Obr. 3.11.: Wiring Schematics

### 3.5.5 Wiring Diagram Manual (WDM)

Tento dokument obsahuje schémata, nákresy a seznamy, které definují jednotlivé kabely a související zařízení. Každý Wiring Diagram Manual je přesně určený, pro konkrétní letadlo (u každého schématu je výrobní číslo daného letadla). Právě v tomto dokumentu si podle čísla kabelu (číslo natištěné přímo na kabelu) najdeme jeho Wire Type Code a Part Number.

### 3.5.6 Testování konektorů LRU

Konektor LRU bloků jsou silně namáhány vlivem procházejícího elektrického proudu. K problému může dojít také při manipulaci s bloky. Proto je nutné je pravidelně kontrolovat na korozi, mechanické poškození nebo opálení vlivem elektrického průrazu.

## 3.6 Měření a řešení problémů pomocí měřičů

Tato kapitola popisuje základní jednotky a jejich vzájemné vztahy, informuje o některých elektrických jevech.

### 3.6.1 Základní jednotky

Mezi základní elektrické jednotky patří napětí, proud a odpor.

#### a) Napětí:

- Je to rozdíl dvou potenciálů v prostoru
- Jednotkou je 1 V (Volt)
- Značí se písmenem U



b) Proud:

- Je uspořádaný pohyb volných nosičů náboje
- Jednotkou je 1 A
- Značí se písmenem I

c) Odpor:

- Udává nám schopnost materiálu vést elektrický proud
- Jednotkou je 1  $\Omega$
- Značí se písmenem R

### 3.6.2 Vztahy

Ohmův zákon je základní rovnice používaná v elektrických obvodech. Vyjadřuje vztah mezi elektrickým odporem, napětím a proudem. Vodičem, kterým prochází proud, lze měřením stanovit dvě veličiny a to elektrický proud a napětí. Elektrický odpor R je charakteristickou vlastností vodiče, závisí na geometrických rozměrech a materiálu. Různé materiály kladou pohybu elektronů různě velký odpor. Výsledkem Ohmova zákona je, že proud je přímo úměrný napětí a nepřímo úměrný odporu.

Vztahy pro Ohmův zákon:

- a)  $R = \frac{U}{I}$
- b)  $U = R * I$
- c)  $I = \frac{U}{R}$

### 3.6.3 Izolant

Elektrický izolant je látka, která nevede elektrický proud. Je to důsledkem toho, že látka neobsahuje volné částice s elektrickým nábojem nebo je obsahuje jen v zanedbatelném množství. Tím se zamezí průtoku elektrického proudu mezi dvěma místy s rozdílnou hodnotou potenciálu. Mezi dobré izolanty patří porcelán, sklo, většina plastů, dřevo, papír, za normálních podmínek i vzduch nebo jiné plyny. Všechny uvedené látky musí být suché!

Izolační látky sloužící k izolaci kabelů se dělí do tří skupin:

- Vulkanizované elastomerické izolační látky (EPR, EPDM, silikonový kaučuk, NEOPREN...)
- Termoplastické izolační látky (PVC, PE, PP, SANTOPREN, fluoropolymery...)
- Zesítené izolační materiály (VALPREN, RADOX, XLPE...)

### 3.6.4 *Závada – nežádoucí ukostření*

Jedná se o závadu, vznikající při porušení izolace drátu. Živý drát se začne dotýkat svého vlastního kostření, které je zároveň i stíněním. Při kontaktu dochází ke zkratu.

### 3.6.5 *Indukce*

Elektrostatická indukce je fyzikální jev, při kterém se na povrchu tělesa indukuje (vytváří) elektrický náboj vlivem přiblížení tělesa s opačným nábojem. V letectví se tento děj objevuje u letadel stojících na zemi. Hromadění kladného náboje na povrchu parkujícího letadla je vyvolán indukcí ze záporně nabitého bouřkového mraku procházejícího nad letadlem. Tento kladný náboj je přiveden ze země přes pneumatiky a jeho velikost vyvolá napětí mezi letadlem a zemí až 60 kV.

Elektromagnetická indukce je fyzikální jev, při kterém se vlivem změny magnetického indukčního toku indukuje ve vodiči elektrické napětí. Tento typ indukce je vyvoláván na elektrických vodičích, které jsou ovlivňovány elektromagnetickým vlněním způsobeným přístroji v letadle. Pro zmírnění vzájemného působení mezi vodiči a přístroji se používá stínění.

## 3.7 Line Replaceable Unit – LRU

LRU jsou výměnné bloky, které obsahují různé systémy (např. systém TCAS). Výměna bloku sama o sobě není příliš složitá záležitost. Problémem je, že obsahují ESDS části. Ty jsou velmi citlivé na elektrostatický výboj. Proto je důležité, aby výměna probíhala podle předepsaných pravidel a nedošlo k poškození systému uvnitř LRU.

Pokud se vyměňuje funkční LRU za jiný funkční LRU, může tento úkon provádět technik kategorie B1. Ovšem je-li nutné vyměnit poškozený LRU blok, je třeba, aby tuto práci vykonal technik kategorie B2.

### 3.7.1 *Výměna LRU bloku*

Při výměně LRU bloků musíme dbát na ochranu před elektrostatickým výbojem. Bloky jsou vždy označeny žlutou varovnou nálepkou, která technika informuje, že se jedná o antistaticky náchylný přístroj.

1. Nejprve se musí letadlo uzemnit k bodu nulového potenciálu
2. Vypnutí palubní elektrické sítě. To obsahuje odpojení hlavní baterie, odpojení letadla od pozemního zdroje a vytáhnutí jističe příslušného okruhu
3. Technik musí použít antistatický náramek, který si nasadí na ruku a jeho druhý konec připne ke konstrukci stojanů, ve kterých jsou LRU bloky umístěny. Stojany jsou také uzemněny.
4. Povolování šroubů držících LRU blok v kolejnicích.
5. Vysunutí LRU bloku.

## 4 MODUL C - Kontroly

Modul C objasňuje jednotlivé typy kontrol, kritéria a standardy, které kontroly musí splňovat, ukazuje typická místa a typická poškození a také popisuje vliv lidského činitele na provádění kontrol.

### 4.1 Základní typy kontrol

Tato kapitola popisuje základní typy kontrol, které se mohou při opravě a inspekci letadla použít.

#### 4.1.1 *General Visual Inspection – GVI*

Všeobecná vizuální kontrola. Vizuální prohlídka interiéru či exteriéru, za účelem kontroly stavu instalace, montáže nebo odhalení zjevného poškození, selhání nebo nesrovnalostí. Tato úroveň kontroly se provádí ze vzdálenosti (dosahu ruky) pokud není uvedeno jinak. Kontrola je prováděna za běžně dostupných světelných podmínek, jako je denní světlo, osvětlení hangáru, osvětlení baterkou nebo stropním světlem. Může vyžadovat odstranění nebo otevření přístupu panelů nebo dveří. Pro přístup k prostoru, který je kontrolován mohou být nezbytné stojany, žebříky nebo plošiny. Ve špatně přístupných prostorech je možno použít zrcátko.

#### 4.1.2 *Detail Inspection – DET*

Podrobná kontrola. Podrobné zkoumání konkrétní položky, instalace, montáže nebo detekce poškození, selhání nebo nesrovnalostí. Standardní osvětlení je obvykle doplněno dalším zdrojem světla o vhodné intenzitě. Dle požadavku DET nebo uvážení provádějící osoby mohou být nezbytné inspekční pomůcky, jako zrcadla, lupy nebo jiné prostředky. V některých případech je nutné určit stav hmatem. Součástí podrobné prohlídky může být čištění povrchů, popř. jiné stanovené postupy.

#### 4.1.3 *Zonal Inspection – ZI*

Zónová kontrola. Je součástí vybrané GVI, popřípadě kontroly, které jsou aplikovány na určitou zónu. Je zde definován způsob provedení a prostor, za účelem kontroly součástí instalace, za účelem zjištění stavu pro zabezpečení bezpečnosti při letovém provozu. Jako u předchozích kontrol lze použít zrcátko, lupy, stojany, žebříky a osvětlovací techniku.

#### 4.1.4 *Special Detail Inspection - SDI*

Speciální detailní kontrola. Jde o důkladnou kontrolu specifických komponentů, instalací nebo montáží, za účelem zjištění poškození, závady nebo jiných nesrovnalostí. Součástí může být použití speciálního vybavení (boroskop), demontáž dílčích komponentů nebo mytí a čištění.

#### 4.1.5 *Enhanced Zonal Analysis Procedure – EZAP*

Nejedná se o kontrolu. Jedná se o program zahrnující různé postupy tak aby:

- Se omezilo hromadění hořlavých látek
- Navrhovala řešení nesrovnalostí ve vedení
- Určila, kde může docházet k ovlivňování prvků primárního nebo sekundárního řízení

### **4.2 Kritéria a standardy**

Kapitola kritéria a standardy popisuje základní vybavení používané při kontrolách, základní pravidla a rozsah kontrol.

#### 4.2.1 *Používané vybavení*

Jednou z nejdůležitějších věcí pro správné provedení vizuální inspekce je zabezpečení dostatečného osvětlení kontrolovaného prostoru. Při kontrolách se můžeme dostat do situací, kdy nám vlastní tělesné propozice nestačí a je třeba využít pomůcek. K základnímu vybavení patří zrcátko, které se používá ke kontrolám ve špatně přístupných místech. V těchto místech je většinou také nedostatek světla a tak je třeba využít baterku nebo lampu. Dalším optickým přístrojem používaným při kontrolách je lupa, sloužící ke zvětšení velmi malých částí. Při velmi důkladných kontrolách v těžko přístupných (často nepřístupných) místech se používá broskop. Některé kontroly mohou být situovány v místech, na které nedosáhneme. Za tímto účelem můžeme využít různých žebříků, plošin či stojanů.

#### 4.2.2 *Kritéria a standardy*

Návrh a provedení elektroinstalace v letadle musí splňovat 3 základní požadavky (v pořadí):

- Bezpečnost letu
- Snadná údržba, demontáž a výměna částí
- Odpovídající náklady na výrobu a údržbu

V leteckém provozu je reálné nebezpečí kontaminace povrchu vodičů celou řadou chemických látek, včetně nevhodných čisticích prostředků. Hrozí postupná změna vlastností izolační vrstvy vodiče (leptání, bobtnání, vytvrdnutí atd.), která se může projevit až za dlouhou dobu. Toto je zvláště nebezpečné v obtížně přístupných místech na letadle, které se po případném zatečení jen obtížně čistí a zbytky kontaminace tak působí dlouhou dobu.

#### *4.2.3 Základní pravidla kontrol*

1. Po každé opravě, nahrazení vodiče, odpojení a zapojení vodiče do sítě je nezbytné:
  - Ověřit správnost mechanického spojení vodiče (např. lehkým tahem krimpovaného spoje)
  - Provést ověření činnosti daného el. obvodu s následným testem funkce celého systému
2. Po každém rozpojení a opětovném spojení spojů el. instalace (konektorů) třeba provést:
  - Vizuální kontrolu správného uzamčení - zajištění spoje
  - Test funkce systému

### **4.3 Lidský činitel**

Tato kapitola se věnuje vlivu okolního prostředí na člověka v závislosti na jeho pracovní výkonnosti.

#### *4.3.1 Zrak*

Je jeden z nejdůležitějších smyslů. Vnímáme jím až 80% informací z okolí. Orgánem zraku je oko.

Při práci by vzdálenost očí od pracovní plochy měla být mezi 90 a 200 cm. Větší nebo menší vzdálenost oko příliš zatěžuje, což zapříčiňuje jeho brzkou únavu. Velmi důležitým faktorem je také vhodné osvětlení. Zdroj světla musí být umístěn tak, aby nerušil a neoslňoval, ale zároveň, aby dostatečně osvětloval potřebné místo. Při zrakové únavě dochází k zarudnutí očí, slzení, bolestem hlavy a dokonce rozmazanému vidění.

Špatná vzdálenost od pracovního prostoru a jeho nevhodné osvětlení jsou příznaky vedoucí k poklesu spolehlivosti zraku, což může způsobit chybové jednání.

#### 4.3.2 *Sluch*

Sluch je schopnost vnímat zvuk. Orgánem sluchu je ucho. Člověk může vnímat zvuk v rozmezí 20 až 20 000Hz.

Letecká údržba je odvětví, kde člověk může přicházet do styku s velmi vysokými hladinami zvuku. Proto je důležité, aby byly používány ochranné pomůcky (špunty do uší, sluchátka). Nadměrné hlukové zatížení může způsobit zažívací potíže, potíže oběhového systému nebo poruchy spánku. Z psychického hlediska člověk vystavený velkému hlukovému zatížení je podrážděný, nevrlý, unavený.

Všechny tyto potíže snižují pracovní výkonnost a zvyšují šance na vznik chyby.

#### 4.3.3 *Psychika*

Psychika je souhrn všech duševních dějů.

Psychiku jedince snižují jeho nevyřešené problémy, špatné pracovní podmínky, nedostatek pracovníků, nízká úroveň bezpečnosti práce, špatná informovanost, konflikty s kolegy. Psychiku naopak zvyšuje úsměv, finanční ohodnocení, dobrý kolektiv, uznání, karierní postup.

Psychika výrazně ovlivňuje chování jedince a jeho soustředění na práci. Snížená soustředěnost vede k tvorbě chyb.

#### 4.3.4 *Fyzické propozice*

Vliv na práci mohou mít také fyzické propozice pracovníka. Jedna z věcí, kterou lze jen těžko ovlivnit.

Pokud se jedná o obézní osoby nebo osoby menšího vzrůstu, může dojít k potížím s dosahem na některá místa. Jsou také případy, kdy technik na součástku pouze dosáhne, ale nevidí na ni. Pak musí provést kontrolu nebo údržbu pouze pomocí hmatu. Problémem mohou být také stísněné prostory, které vyvolávají klaustrofobii. Člověk s nedostatkem spánku nebo nemocný člověk mnohem rychleji podléhá únavě.

Únava snižuje výkonnost a soustředění na práci, což vyvolává tvorbu chyb.

#### 4.3.5 *Vnější prostředí*

Velký vliv na pracovní výkon člověka mají také teplotně vlhkostní podmínky.

Teplota materiálu, s kterým se pracuje, by měl být v rozmezí -10 až 48 °C. Při teplotě vnějšího vzduchu -15°C a nižší je práce zakázána. Člověk by měl zvolit vhodné oblečení pro práci v daných klimatických podmínkách.

Pokud se člověk soustředí na vlastní teplotní komfort (přirozená reakce) snižuje se jeho soustředění na práci. Tato ztráta koncentrace může vést k chybovému jednání.

#### 4.4 Typická místa poruch (kontrol)

Tato kapitola popisuje místa na letadle, kde nejčastěji dochází k problémům s elektroinstalací.

##### 4.4.1 *Křídla*

Velmi problematickými místy z hlediska EWIS jsou náběžné a odtokové hrany křídel. Kabeláž v těchto místech je vystavena nepříznivým vlivům vždy při vysunutí slotů a klapek. Další problematické místo je na přechodu mezi křídlem a trupem, kde se často vytváří koroze.

##### 4.4.2 *Motory, APU, gondoly, pylony*

Pro EWIS je to jedno z neproblémovějších míst. Jedná se o prostory častých oprav, tudíž zde hrozí riziko nevědomého poškození samotným mechanikem. V těchto místech se nachází kumulace systémů pracujících s hydraulikou, olejem a palivem. Tím vzniká riziko poškození izolace kabelů chemickou kontaminací. Ale hlavním problémem na motorech, APU a přilehlých místech je náročnost na teplotu a vysoké vibrace.

##### 4.4.3 *Podvozek a podvozkové šachty*

U mnoha letadel se jedná o prostor, který má během celého letu kontakt s okolním prostředím. Proto na elektroinstalaci má vliv velké kolísání teplot, okolní povětrnostní podmínky. V prostorech se používají agresivní chemické látky, jako jsou odmrazovací kapalina nebo antikoroziční nátěr. Při přistání jsou zde také velké vibrace.

##### 4.4.4 *Elektrické panely a LRU*

Elektronické panely jsou zvláště náchylné na mechanické poškození připojovacích kabelů v důsledku výměn nebo oprav. Na špatně doléhajících kontaktech také může vznikat koroze a docházet k jejich opalování vlivem elektrického oblouku.

##### 4.4.5 *Baterie*

Místa připojení kabelů k baterii jsou velmi náchylná na korozi. Kabely postižené korozí je třeba neprodleně vyměnit. Je třeba také sledovat barvu kabelů. Změna barvy poukazuje na špatnou provozuschopnost.

##### 4.4.6 *Napájecí vedení*

U spojek a koncovek mohou být zjištěny známky přehřátí. Často k tomuto jevu dochází, pokud šroub u koncovky je utažený na špatný moment. Pak mezi kontakty



vzniká malý otvor, ve kterém vzniká elektrický výboj. V konečném důsledku to může dojít až tak daleko, že koncovka shoří. Proto je nutné při prvních známkách přehřátí kabely vyměnit. Výsledky pravidelných kontrol napájecího vedení by se měly vyhodnocovat.

#### *4.4.7 Prostor kuchyně a toalet*

Jedná se o jedno z nejnáchylnějších míst na problémy s elektroinstalací. Nachází se zde mnoho vlivů, které mohou poškodit kabely. V první řadě je zde nebezpečí poškození teplem od zařízení pro ohřev jídla. Dalším velkým problémem je usazování nečistot z jídla, sladkých nealkoholických nápojů nebo kávy. V neposlední řadě jsou velkým nebezpečím chemické látky z toalet, které mohou narušit izolaci kabelu, a všudypřítomná stékající voda může způsobit zkrat. Proto je důležité, aby se tyto prostory pravidelně kontrolovaly.

#### *4.4.8 Cargo a prostor pod podlahami*

V prostoru carga vznikají problémy hlavně vlivem aktivit mechaniků, jako jsou prohlídky, kontroly nebo opravy. Podobné problémy vznikají i v prostoru pod podlahami, kde se také mohou usazovat zbytky jídla a tekutin po cestujících.

#### *4.4.9 Dveře, plochy a ovládací prvky*

V těchto místech je kabeláž opotřebovávána především pravidelným mechanickým namáháním. Hlavně ohýbáním při pohybu dveřmi.

#### *4.4.10 Přístupové panely*

Kabely a svazky v blízkosti přístupových kabelů mohou utrpět náhodné poškození při manipulaci s panely. Nejčastěji se jedná o přiskřípnutí kabelu. Proto je důležité věnovat těmto místům zvýšenou pozornost.

### **4.5 Typická poškození kabeláže**

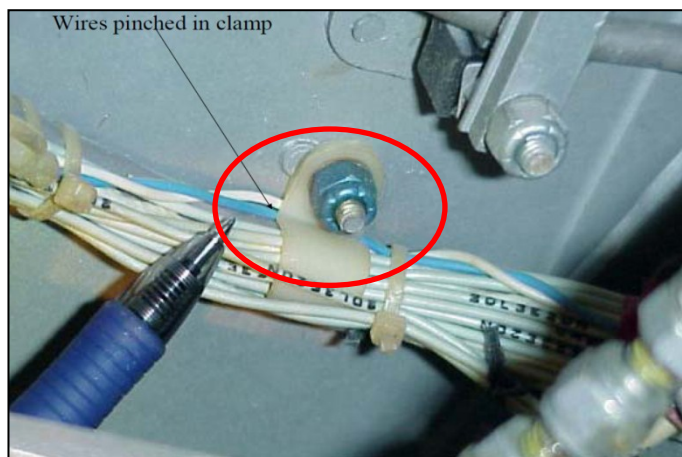
Tato kapitola se věnuje poškozením kabelů. Ukazuje některé typické poškození, které na kabeláži můžou vznikat během provozu letadla.

#### *4.5.1 Kovové piliny a špony*

Při vrtání, broušení a jiných soustružnických pracích jsou jako odpad různé kovové odřezky, piliny a špony. Ty mohou napadat mezi kabeláž a vlivem vibrací a pohybem mohou poškodit izolaci, protože jsou velmi ostré. Po každém vrtání, broušení a podobných aktivitách je třeba okolí pečlivě uklidit a zkontrolovat.

#### 4.5.2 Poškození při manipulaci

Během některých postupů může mechanik při práci odsunout nebo neadekvátně ohnout kabelový svazek, což by mohlo způsobit popraskání izolace. Problém tak vznikne už při instalaci kabelu. Typickými příklady špatné manipulace je nevhodný rádius ohybu, přiskřípnutí nebo ohnutí kabelu do místa, kde by mohlo docházet k jeho odírání.



Obr. 4.1.: Přiskřípnutí drátu do objímky

#### 4.5.3 Kapalné kontaminace

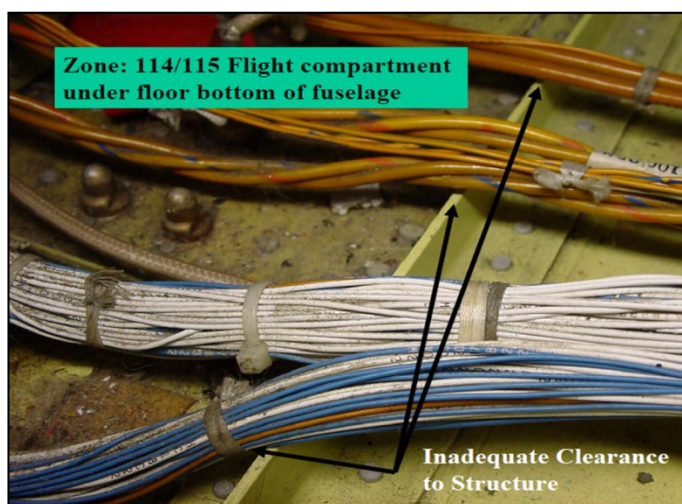
Mezi kapalnou kontaminací můžeme řadit znečištění kabelů hydraulickou kapalinou, motorovým olejem, palivem, odmrazovací kapalinou, antikorozními nátěry, čisticími prostředky, chemickými látkami z toalet nebo kapalinami z kuchyně. Hrozí postupná změna vlastností izolační vrstvy vodiče (leptání, bobtnání, vytvrdnutí atd.), která se může projevit až za dlouhou dobu. Toto je zvláště nebezpečné v obtížně přístupných místech na letadle, které se po případném zatečení jen velmi těžko čistí a zbytky kontaminace tak působí dlouhou dobu. Působení kapalných kontaminací je situováno prakticky na celé letadlo.



*Obr. 4.2.: Kabely poničené chemickými látkami z toalet způsobily velké poškození*

#### *4.5.4 Vibrace a odírání*

Pokud je kabel špatně umístěn nebo špatně uchycen v objímce může vlivem vibrací docházet k jeho odírání. Po určité době dojde k prodření izolace a následnému zkratu.

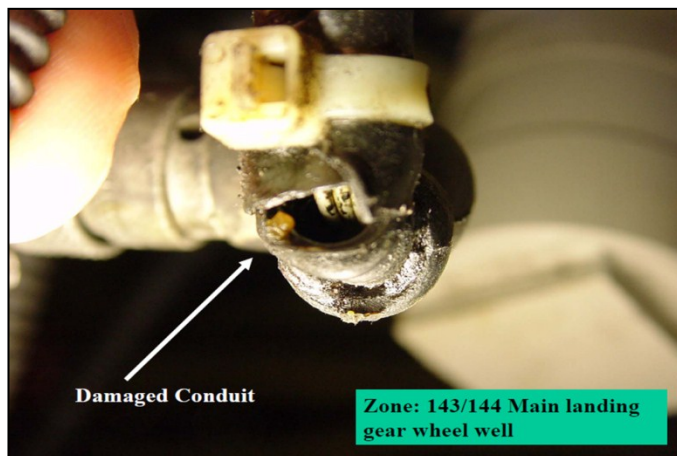


*Obr. 4.3.: Odírání kabelu o konstrukci letadla*

#### *4.5.5 Koroze a stárnutí*

Vlivem koroze a stárnutí může u kabelů a jejich ochranných částí docházet k degradaci materiálu. To následně vede k protržení izolace nebo ochranného krytu. Koroze se vytváří nejčastěji na konektorech a kontaktech ukostření (vznik v prostoru mezi podložkami). Další časté místo výskytu je v podvozkových šachtách, náběžných

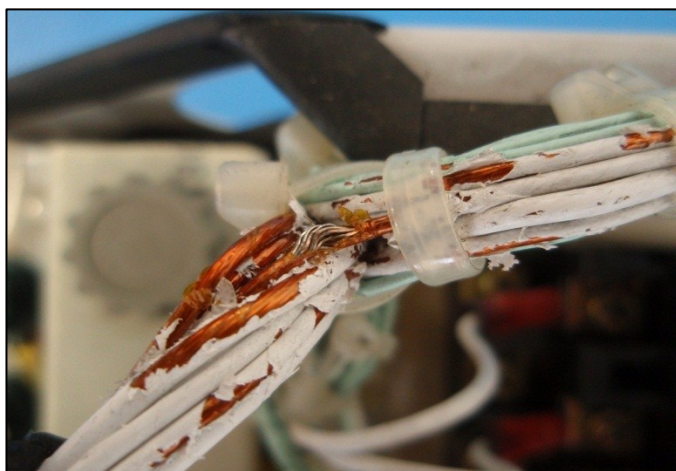
hranách křídel, odtokových hranách křídel nebo v místech připojení křídel k trupu. Vlivem působení času a častých změn okolních podmínek dochází ke stárnutí izolace. To se projevuje změnou struktury materiálu, což vede ke změnám fyzikálních vlastností. Například zhoršená ohebnost a zvýšená křehkost.



*Obr. 4.4.: Poškození ochranné hadice*

#### *4.5.6 Přehřátí*

Blízkost kabelu nějakému tepelnému zdroji může způsobit roztavení izolace a následný zkrat. Tento problém se nejčastěji vyskytuje na motorech, kuchyňkách a za osvětlením. K přehřátí a poničení izolace může dojít také zvýšenou hodnotou proudu ve vodiči, což způsobí zvýšení teploty.



*Obr. 4.5.: Poškození izolace vlivem velkého proudu ve vodiči*

## 5 MODUL D – Čistota a ochrana

Tento modul obsahuje základní informace o jednotlivých zdrojích kontaminací a jejich vlivu na kabeláž. Jsou zde popsány postupy pro odstranění znečištění a preventivní ochranné postupy.

### 5.1 Vnější kontaminační zdroje

Kapitola se věnuje zdrojům a působení vnějších kontaminačních zdrojů na kabeláž letadla.

#### 5.1.1 *Místa kontaminace*

Tyto látky z vnějšího prostředí se usazují především v malých prostorách, jako jsou nazasealované panely, podvozkové kryty, štěrbiny na řídicích plochách, kryty klapek podél křídla nebo nosníky stabilizátorů.

#### 5.1.2 *Děšť a voda*

Voda se v letadle objevuje vlivem deště nebo při rozmrzání sněhu a ledu. Voda zatékající do prostorů, ve kterých je vedena kabeláž může na konektorech způsobovat korozi. Ve vlhkém prostředí se zvyšuje riziko elektrického zkratu. Při letu může dojít k jejímu zamrznutí, což může způsobovat další problémy.

#### 5.1.3 *Sníh a led*

Sníh a led jsou jen jiné skupenství vody, což znamená, že při roztátí způsobuje stejné poškození. Při mrznutí může led poškodit vodiče vlivem vlastní roztažnosti. Led také zhoršuje fyzikální vlastnosti izolace, která se tak může snáze poškodit.

#### 5.1.4 *Odmrazovací směs*

Odmrazovací směs se používá za účelem odstranění sněhu a ledu z letadla a jeho částí. Její nevýhodou je její chemická agresivita. Způsobuje korozi na konektorech. Jsou kvůli ní speciálně kontrolovány některé konektory v podvozkové šachtě.

#### 5.1.5 *Prach, písek a sůl*

Prach je všude přítomným médiem, které zanáší a špiní veškerou kabeláž v letadle. Písek a sůl se objevuje u letadel směřujících přes moře nebo do pouštních oblastí. V našich podmínkách asi nejvíce vlivem letů ke Středozemnímu moři a letů do severní Afriky.

#### 5.1.6 *Čistící prostředky*

Jedná se často o velmi agresivní chemické látky. Mohou způsobovat nevratné změny ve struktuře izolace kabelu. Může docházet například k naleptání nebo bobtnání. Po jejich aplikaci je důležité, aby se čištěné místo důkladně omylo čistou vodou.

#### 5.1.7 *Průmyslové znečištění a vzduchová eroze*

Tento problém vzniká hlavně v místech městských aglomerací. Továrny vypouštějí do ovzduší velké množství pevných mikročástic. Ty mohou rychlým prouděním způsobovat vzduchovou erozi. Vzduchovou erozí vznikají na povrchu letadla drobné oděrky. Ty ale mohou dlouhodobým působením vyvolat velké problémy. Kromě toho se emise z komínů továren ukládají jako prach v různých částech letadla.

### 5.2 **Vnitřní kontaminační zdroje**

Kapitola se věnuje zdrojům a působení vnějších kontaminačních zdrojů na kabeláž letadla.

#### 5.2.1 *Hydraulická kapalina, motorový olej, palivo, maziva*

Jedná se o chemicky velice agresivní látky. Jejich působením může docházet k ničení izolace kabelů. Izolace se začne rozpouštět, rozleptávat se nebo bobtnat. K poškození může dojít kdekoli na letadle, ale především v blízkosti hydraulických zařízení a jejich vedení, v blízkosti hlavních motorů a APU nebo poblíž palivových nádrží a jejich vedení. Proto je velmi důležité, aby tato vedení byla dobře zajištěna.

#### 5.2.2 *Chemické látky z toalet a kapaliny z kuchyně*

Toalety obsahují nebezpečné a agresivní chemické látky, které mohou silně poškodit izolaci kabelu. Kapaliny z kuchyně jsou velmi nebezpečné ve spojení s horkými částmi v kuchyni. Tyto horké části mohou porušit izolaci a kapalina následně způsobí zkrat.

#### 5.2.3 *Prach a cupanina*

Velká vrstva prachu a cupaniny na kabeláži může při zkratu (výboji) být zdrojem požáru. Proto je důležité, aby byly prostory pravidelně čištěny.





*Obr. 5.1.: Nános prachu a cupaniny na kabelech*

### **5.3 Další kontaminační zdroje**

Tato kapitola popisuje kontaminace kabelů různými nátěry, cizími předměty nebo živočišným odpadem.

#### *5.3.1 Velké množství barvy a antikorozního nátěru*

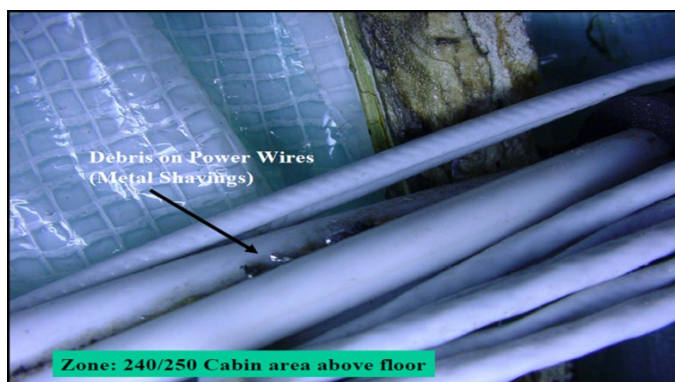
Neúměrné množství těchto látek způsobuje chemické narušení izolace vodiče. Při silné vrstvě může být omezena ohebnost izolace a může dojít k jejímu popraskání.



*Obr. 5.2.: Nadměrné množství antikorozního nátěru*

#### *5.3.2 Třísky, špony, piliny a cizí předměty*

Třísky, špony, piliny a jiný odpad po soustružnických pracích mají velmi ostré hrany, které vlivem vibrací mohou snadno proniknout izolací vodiče. Podobně mohou kabeláž poničit zapadlé šrouby, matice, podložky a jiné drobné předměty. Mechanik musí po práci se soustružnickým nářadím důkladně uklidit okolní prostor.



*Obr. 5.3.: Špony po vrtání mezi kabely*

### 5.3.3 Živočichové a živočišný odpad

Velmi nebezpeční mohou být hlodavci, kteří se dostanou do letadla a začnou ohlodávat izolaci kabelů. Ke znečištění kabeláže živočišným odpadem dochází především v prostoru carga, kde se zvířata převážejí. Další možnost poškození vyplývá ze střetu s ptákem (podvozkové šachty) – kontrola na poškození a kontaminace. Mechanik musí být velmi opatrný, protože může dojít ke styku s infekčním materiálem.



*Obr. 5.4.: Střet s ptákem*

## 5.4 Plán ochrany před kontaminací

Kapitola popisuje způsoby prevence před kontaminací.

### 5.4.1 Plán ochrany

Prach a jakékoliv jiné znečištění vzduchu je třeba udržovat na minimu. V pracovním prostoru nesmí být dosaženo úrovně znečištění viditelně patrné na povrchu letadla nebo letadlového celku. Tam, kde prach či jiné znečištění vzduchu má za následek viditelné znečištění povrchu, musí být všechny snadno ovlivnitelné systémy



utěsněny až do té doby, dokud nebudou znovu obnoveny přijatelné podmínky. Pokud určité úkoly údržby vyžadují užití specifických podmínek prostředí odlišných od dříve zmíněných, potom takové podmínky je třeba dodržovat. Specifické podmínky je třeba stanovit v údajích pro údržbu.

#### *5.4.2 Ochranné a bezpečnostní procesy*

Je třeba dodržovat bezpečnostní nařízení daná výrobcem a zaměstnavatelem. Pokud zaměstnanec pracuje s čistidly, musí on sám dbát na to, aby se čisticí prostředek nedostal na kůži nebo do očí. Pokud se tak stane, kůže musí být okamžitě omyta vodou. V případě očí je třeba okamžitě důkladně vypláchnout. Pracovník nesmí vdechovat výpary z čisticích prostředků. Zaměstnavatel musí zajistit potřebné ochranné prostředky. Prostředí, ve kterém se provádí čištění chemickými látkami, musí být dobře větratelné.

Ochranné pomůcky:

- Zástěra
- Vhodná obuv (gumáky)
- Kombinéza
- Gumové rukavice
- Chemické brýle
- Dýchací maska (rouška)

Vybavení a části, které jsou citlivé na kontaminaci rozpouštědly nebo vodou a nacházejí se v blízkosti čistícího procesu, je třeba dostatečně ochránit. Všechny rozpojené konektory v čištěné oblasti musí být opatřeny ochrannými prostředky. Rozpouštědlo, čisticí prostředek, voda ani jiná kontaminace se nesmí dostat do konektoru. Barvy, plasty, polymerní materiály a lepidla musí být plně vytvrzeny, než se mohou začít čistit. Mechanik si vždy musí pečlivě přečíst pokyny výrobce a dodržovat bezpečnostní pravidla daná interním nařízením. Technik musí používat pouze čisticí prostředky schválené výrobcem letadla. Je důležité, aby personál na pracovišti vždy udržoval čistotu.

### **5.5 Ochrana během opravy letadla**

Tato kapitola popisuje úkony, které by měl mechanik provést před započatím práce a po jejím ukončení.

### *5.5.1 Úkony před započítím práce*

Před započítím práce se musí mechanik ujistit, že kabely a elektrické komponenty jsou očištěny od kontaminací. Je nutné, aby nainstaloval ochranný materiál po celém prostoru pod a okolo opravovaného místa. Ochranný materiál je třeba připevnit ke konstrukci letadla. Nikdy se nesmí připevnit ke kabeláži nebo jinému elektronickému zařízení. Pokud je možnost kontaminace kapalinou, technik musí použít plastové ochranné prostředky. Ochranný materiál se zjišťuje z předepsaných tabulek.

### *5.5.2 Úkony po ukončení práce*

Technik se musí ujistit, že jsou odstraněny všechny ochranné pomůcky společně s veškerým znečištěním. Je nutné znova zkontrolovat kabely za účelem zjištění závad nebo poškození způsobených opravou.

## **5.6 Čistící procesy**

Tato kapitola se věnuje postupům, používaných při odstranění pevných a kapalných kontaminací.

### *5.6.1 Odstranění pevných kontaminací*

Mezi pevné kontaminace patří kovové piliny a špony, nahromaděná cupanina a prach nebo zbytky jídla. Technik si musí dávat pozor na to, aby při rozpojování kabelů a jejich posouvání je ohýbal jen tolik, kolik je to nutné. Mohlo by dojít k porušení jejich izolace.

Postup při odstranění těchto nečistot je následující:

- 1) Identifikujte systém, který musí být vyčištěn
- 2) Otevřete všechny jističe a odpojte všechny spínače vedoucích do vybavení a kabelových svazků v okolí místa čištění
- 3) Uzemněte letadlo
- 4) Nainstalujte potřebnou ochranu na části a komponenty, které jsou náchylné na kontaminaci
- 5) Dbejte na to, aby odpojené konektory byly dostatečně chráněny
- 6) Vyberte vhodné nářadí na odstranění kontaminace
- 7) Odstraňte všechny volné části z povrchu kabelového svazku
- 8) V případě potřeby rozeberte část kabelového svazku
- 9) Očistěte části svazku od zbylé kontaminace pomocí vlhkého hadříku
- 10) Mokrý prostor pak utřete suchým hadříkem

- 11) Přezkoumejte znova všechny části svazku. Dbejte na to, aby jednotlivé části byly čisté a zcela suché
- 12) Svazek svažte zpět dohromady.
- 13) Opakujte kroky 8 – 12 dokud kabelový svazek nebude v celé délce plně zbaven kontaminace

#### 5.6.2 *Odstranění kapalných kontaminací*

Mezi kapalnou kontaminaci patří pozůstatky barvy, antikorozního nátěru nebo rozlité nápoje.

Postup při jejich odstraňování je následující:

- 1) Identifikujte systém, který musí být vyčištěn
- 2) Otevřete všechny jističe a odpojte všechny spínače vedoucích do vybavení a kabelových svazků v okolí místa čištění
- 3) Uzemněte letadlo
- 4) Nainstalujte potřebnou ochranu na části a komponenty, které jsou náchylné na kontaminaci
- 5) Dbejte na to, aby odpojené konektory byly dostatečně chráněny
- 6) Vyberte vhodnou utěrku nebo hadřík bez chloupků
- 7) Odstraňte všechny volné části z povrchu kabelového svazku
- 8) V případě potřeby rozeberte část kabelového svazku
- 9) Na kontaminované místo naneste potřebné množství vody
- 10) Toto místo pak setřete hadříkem
- 11) Pokud kontaminace nejde odstranit vodou, použijte isopropyl alkohol
- 12) Alkoholem navlhčete nový hadřík a opatrně přetřete kontaminované místo
- 13) Pokud ani alkohol nepomáhá, použijte alifatické nafty (technický benzín)
- 14) Benzínem navlhčete nový hadřík a opatrně přetřete kontaminované místo
- 15) Důkladně čištěné místo vysušte a přetřete hadříkem navlhčeným alkoholem
- 16) Místo znova důkladně vysušte
- 17) Přezkoumejte znova všechny části svazku. Dbejte na to, aby jednotlivé části byly čisté a zcela suché
- 18) Svazek svažte zpět dohromady.
- 19) Opakujte kroky 8 – 18 dokud kabelový svazek nebude v celé délce plně zbaven kontaminace

Alkohol a technický benzín patří mezi hořlaviny. Proto by je měl technik nanášet na kontaminované místo pouze v malých dávkách.

## **6 MODUL D – Kabeláž**

Modul D se kompletně věnuje problematice samotné kabeláže. Od identifikace přes kontroly, instalaci, identifikaci typických poškození až po údržbové a opravné procesy. Technik se v tomto modulu také dozví základní informace o skladování nepoužívaných kabelů, uzemnění a kostření.

### **6.1 Identifikace, typy a konstrukce kabelů**

Tato kapitola popisuje postup při identifikaci kabelů. Dále informuje o základních typech a konstrukcích kabelů.

#### *6.1.1 Identifikace*

Ke správné identifikaci určitého kabelu musí mechanik vědět, že každý kabel má několik identifikačních kódů.

- WTC – Wire Type Code (alfanumerický)
- WS – Wire Specification
- WPN – Wire Part Number

Dále je velmi důležité, aby si uvědomil, že Wiring Diagram Manual (WDM), podle kterého může identifikaci provést, je pro každé letadlo specifický.

Postup při identifikaci:

- 1) Nejprve najdeme na kabelovém svazku jeho číslo a pak číslo daného kabelu
- 2) Podle čísla daný svazek najdeme v WDM, kde jsou také vypsány všechny kabely v tomto svazku
- 3) Podle čísla kabelu zde najdeme i potřebný kabel a získáme jeho WTC
- 4) Následně v Tabulce č. 1 podle WTC určíme WPN, podle kterého můžeme kabel identifikovat

Ke kompletní identifikaci kabelů nám slouží 3 tabulky.

**Tabulka č. 1** – obsahuje Wire Type Code (WTC), který je určen Wiring Diagram Manual (WDM) a Wire Specification (WS) s Wire Part Number (WPN)

Table 1 WIRE TYPE CODES									
Wire Type Code	707 Model Wiring Diagram Manual						Wire Specification or Part Number	Number of Conductors	Notes
	2	3	4	5	6	7			
01	2	3	-	-	-	-	BMS 13-8 Type I Class A	01	High Temperature
02	2	3	-	-	-	-	BMS 13-8 Type II Class A	01	Shielded, High Temperature
03	2	3	-	5	-	-	1-70436-1, TWA, MIL-W-16878D	26	-
04	2	3	-	5	-	-	1-70436-2, TWA, MIL-W-16878D	26	Shielded
05	2	3	-	5	-	-	TB/A	01	Coax
06	-	3	-	5	-	-	21-606, Aljak	01	Coax
07	2	3	-	5	-	-	21-607, Aljak	01	Coax
08	2	3	-	-	-	-	RG-8A, MIL-C-17	01	Coax
09	2	3	-	-	-	-	5021E1331, Raychem	01	Coax
0A	-	-	-	-	-	7	BMS 13-48 Type 15 Class 1	01	Shielded
0B	-	-	-	-	-	7	BMS 13-48 Type 15 Class 2	02	Shielded
0C	-	-	-	-	6	7	BMS 13-48 Type 15 Class 3	03	Shielded
0D	-	-	-	-	7	7	BMS 13-48 Type 15 Class 4	04	Shielded
0E	-	-	4	-	6	7	BMS 13-65 Type 0E, S280W503-1	01	Coax
0F	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0F, S280W503-2	01	Coax
0G	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0G, S280W503-3	01	Coax
0H	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0H, S280W503-4	01	Coax
0J	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0J, S280W503-5	01	Coax
0K	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0K, S280W503-6	01	Light Weight Coax
0L	-	-	-	-	6	7	BMS 13-60 Type 22 Class 3	03	AI
0M	-	-	4	-	6	7	930-OFSXE, Therman	3	50 Ohm, Triax
0N	-	-	4	-	6	7	S280W502-1	02	100 ohm, Round Conductor Shield, Adjacent Flat Conductor Shield
0Q	-	3	4	-	6	7	S280W502-3	04	100 ohm, Shielded Pair of Shielded Component Wires

**20-00-13**

Obr. 6.1.: Ukázka tabulky č. 1

**Tabulka č. 2** – stejná jako tabulka č. 1. Je zde navíc počet drátů, ze kterých se kabel skládá

Table 2 WIRE PART NUMBERS									
Wire Specification or Part Number	Notes	Wire Type Code	Number of Conductors	707 Model Wiring Diagram Manual					
				2	3	4	5	6	7
001-BC-100/140/160PM, Northern Lights	Fiber Optic	F2	-	-	-	-	5	-	-
001-BC-HT-100/140/160PM, Northern Lights	Fiber Optic	F3	-	-	-	-	5	-	-
0024A0014, Raychem	Shielded, 100 ohm	8L	02	-	-	-	-	6	-
0024A0014, Raychem	100 ohm Balanced Line	EZ	01	-	3	-	5	-	-
08766/01147KE-3, Tensolite	-	A9	03	-	-	-	-	-	7
1-70436-1, TWA, MIL-W-16878D	-	03	26	2	3	-	5	-	-
1-70436-2, TWA, MIL-W-16878D	Shielded	04	26	2	3	-	5	-	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	Special BMS 13-35	TB	06	-	-	-	-	-	7
1/0TLA/02101E-6, Tensolite	Aluminum	QH	6	-	-	-	-	-	7
10-02716, MIL-C-13273	Retractable	16	02	2	3	-	-	-	-
10-60233-1	-	31	05	2	3	-	-	-	-
10-60233-10	-	MV	03	-	3	-	-	-	-
10-60233-2	-	32	03	-	3	-	-	-	-
10-60233-3	-	33	03	2	3	-	-	-	-
10-60233-4	-	34	03	2	3	-	-	-	-
10-60233-5	-	35	12	2	3	-	-	-	-
10-60233-6	-	36	19	2	3	-	-	-	-

**20-00-13**

Obr. 6.2.: Ukázka tabulky č. 2

**Tabulka č. 3** – uvádí alternativy WS nebo WPN pro již určené WS nebo WPN

Table 3 ALTERNATIVE WIRES		
Specified Wire	Alternative Wire	
	Specification or Part Number	Special Conditions
0024A0014, Raychem	831-4245270, Pirelli	Ships Bundles Only
08766/01147KE-3, Tensolite	BMS 13-60 Type 22 Class 3	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	1/0TLA/02101E-6, Tensolite	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	30-05899, Champlain	-
1/0TLA/02101E-6, Tensolite	1/0766/9D032E-6, Tensolite	-
10-60233-1	10-60233-7	-
10-60233-3	10-60233-9	-
10-60233-4	10-60233-10	-
10-60816-1	BMS 13-55 Type 4	-
10-60816-11	10-60816-43	-
10-60816-13	BMS 13-55 Type 2	-
10-60816-13	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-15	10-60816-45	-
10-60816-16	10-60816-46	-
10-60816-17	BMS 13-55 Type 5	-
10-60816-19	10-60816-47	-
10-60816-2	10-60816-36	-
10-60816-21	10-60816-49	-
10-60816-22	10-60816-50	-
10-60816-23	BMS 13-55 Type 2	-
10-60816-26	10-60816-52	-
10-60816-27	10-60816-53	-
10-60816-31	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-4	10-60816-38	-
10-60816-56	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-62	DM-F-2MF, Matsushita	-
10-60816-7	10-60816-39	-
10-60816-8	10-60816-40	-
10-60875-3	M16878/5BGE2	-
10-61299-1	10-61299-4	-
10-61299-2	10-61299-5	-

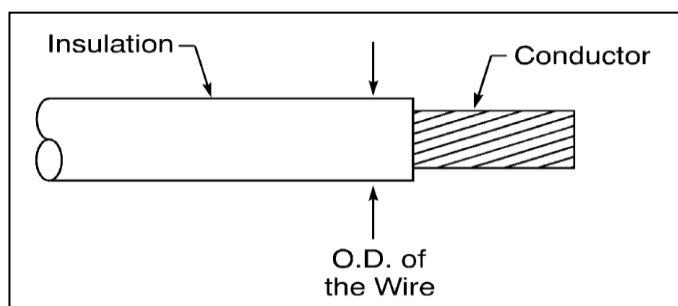
**20-00-13**

*Obr. 6.3.: Ukázka tabulky č. 3*

### 6.1.2 Typy a konstrukce kabelů

#### a) Konstrukce samostatného drátu

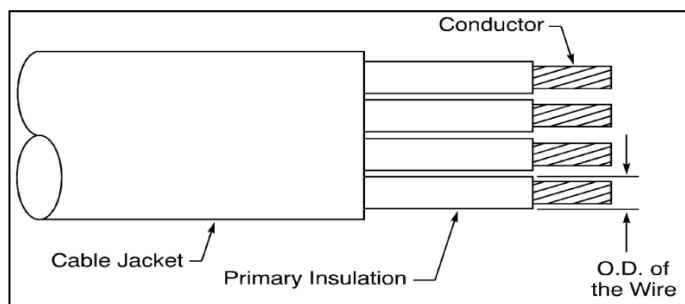
Jak je vidět na níže přiloženém obrázku, tak základní drát se skládá pouze z vodiče (conductor) a izolace (insulation).



*Obr. 6.4.: Samostatný drát*

#### b) Konstrukce kabelu

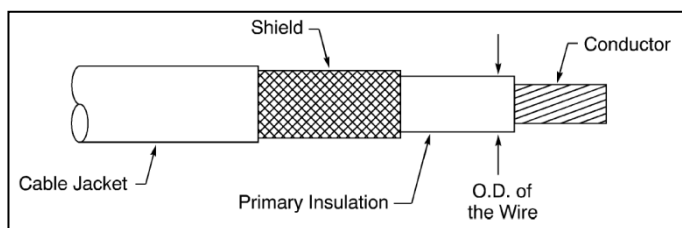
Kabel je nadřazená jednotka drátu. Je totiž složený z několika jednotlivých drátů. Obrázek ukazuje, že základem jsou vodiče (conductors), každý zvlášť obalený primární izolací (primary insulation). Tyto jednotlivé dráty jsou pohromadě drženy vnějším obalem kabelu (cable jacket) nebo sekundární izolací.



*Obr. 6.5.: Kabel*

c) Konstrukce drátu se stíněním

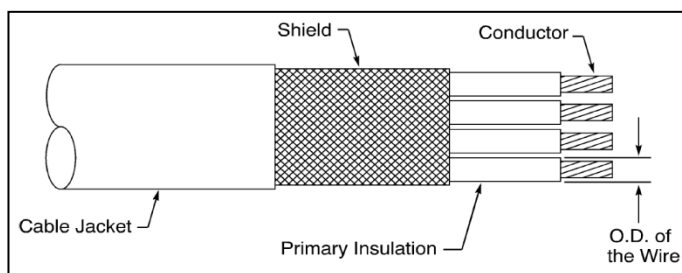
Dráty se stíněním se využívají v místech, kde jim hrozí ovlivnění elektromagnetickým vlněním. Nejčastěji od přístrojů. Drát se skládá z vodiče (conductor), primární izolace (primary insulation), stínění (shield) a vnějšího obalu (cable jacket).



*Obr. 6.6.: Stíněný drát*

d) Konstrukce kabelu se stíněním

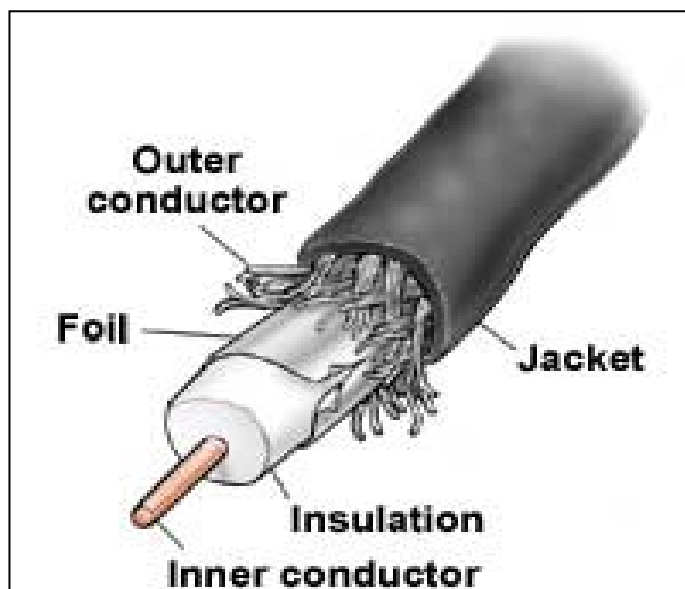
Konstrukce kabelu se stíněním je podobná jako konstrukce obyčejného kabelu. Jen mezi primární izolací vodiče a vnějším obalem je umístěno stínění.



*Obr. 6.7.: Stíněný kabel*

e) Konstrukce koaxiálního kabelu

Koaxiální kabel má specifickou konstrukci. Jádrem je vnitřní vodič (inner conductor), kolem kterého je izolace (insulation) a krycí fólie (foil). Okolo krycí fólie je vnější vodič (outer conductor) a ten je krytý vnějším obalem (jacket).



*Obr. 6.8.: Koaxiální kabel*

## **6.2 Izolační vlastnosti a limity poškození**

Tato kapitola informuje o základních typech izolací, jejich typických poškozeních a popisuje pojem výboj.

### *6.2.1 Typy izolace*

Typy izolací:

- Vulkanizované elastomerické izolační látky (EPR, silikonový kaučuk, NEOPREN...)
- Termoplastické izolační látky (PVC, PE, PP, PANTOPREN...)
- Zesíťované izolační materiály (VALPREN, RADOX, XLPE...)

Přísně je zakázáno používat izolace vyrobené z aromatických polyamidů (AP). Pouze v některých případech to může povolit výrobce letadla.

### *6.2.2 Typické poškození izolace*

Izolace může být poškozena mnoha způsoby. Dva základní zdroje poškození jsou kontaminace a špatná manipulace. Obě tyto skupiny zahrnují mnoho zdrojů, které mohou narušit nebo úplně zničit izolaci kabelu.

Pro izolaci kabelů jsou velmi nebezpečné veškeré chemické látky, které mohou způsobit rozpouštění, bobtnání nebo naleptání izolace. Mezi tyto látky patří například odmrazovací směs, čisticí prostředky, chemické látky z toalet, hydraulická kapalina atd. Izolace kabelů může také popraskat z důvodů zhoršené ohebnosti, které může být způsobena velkým množstvím barvy, antikorozního nátěru nebo vrstvou ledu na



kabeláži. Nahromadění prachu, cupaniny a jiných nečistot může být při zkratu zdrojem požáru.

Poškození špatnou manipulací vznikají nejčastěji během instalace kabelů, jejich prohlídek a oprav. Mezi tato poškození lze zařadit skřípnutí drátu, přílišný ohyb drátu, špatné uložení (nebezpečí oděru) nebo odpad po soustružnických pracích.

### *6.2.3 Výboj*

Jedná se o fyzikální jev, kdy elektrický proud teče plynem. Za normálních podmínek jsou plyny izolanty. Ale pokud se nacházejí v silném elektrickém poli, jsou jím jejich částice urychleny a při nárazu do jiné částice dojde k rozštěpení na iont a volný elektron (ionizace nárazem). Iont je zase urychlen a vzniká lavinovitý efekt. Volné elektrony mohou zajistit průchod elektrického proudu. Výboj je většinou doprovázen světelným efektem.

V letectví se s tímto pojmem můžeme setkat například při bouřkách v podobě blesku, ale samozřejmě také uvnitř letadla. Například mezi dvěma poškozenými dráty, kde je silné elektrické pole a napětí může přeskočit z jednoho drátu na druhý. To se stalo osudné letu číslo 800 společnosti Trans World Airlines (TWA).

## **6.3 Kontrola kritérií a standardů a kabelových svazků**

Tato kapitola popisuje základní podmínky, za kterých se provádí kontrola kabeláže a ukazuje typická poškození na izolaci kabelu.

### *6.3.1 Základní podmínky kontrol*

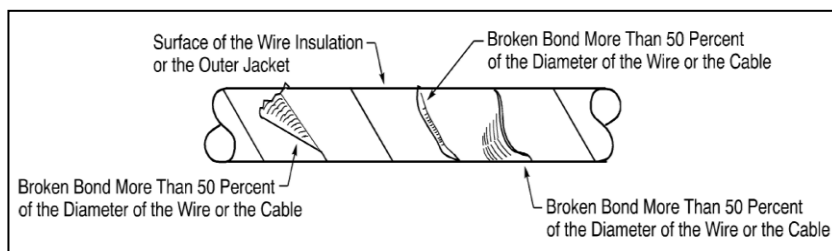
Všechny části, materiál a instalované části musí být před kontrolou dostatečně očištěny (více v modulu D). Před kontrolou kabelů a kabelových svazků z nich musí být odpojena elektřina. Otevřením pojistek daného okruhu, případně odpojení letadla od pozemního zdroje. Pokud je nalezeno poškození, musí být označeno, demontováno a opraveno. Jestli technik nalezne situaci, která předznamenává poškození kabelu, musí ji okamžitě napravit nebo odstranit. Nejčastěji se jedná o nebezpečí oděru, narušení teplem nebo skřípnutí kabelu.

### *6.3.2 Poškození nestíněného drátu*

Pokud je izolace, drát nebo jiná část elektroinstalace poškozena, nemusí jít vždy o poškození, které je nutné odstranit.

Oprava je nutná, pokud došlo k:

- Poškození vodiče
- Poškození skrz izolaci
- Poškození krycí pásky – páska je od původního přesahu odchlípnuta o více než 50% průměru drátu
- Poškození spojky - nesmí být poškozen vodič uvnitř spojky



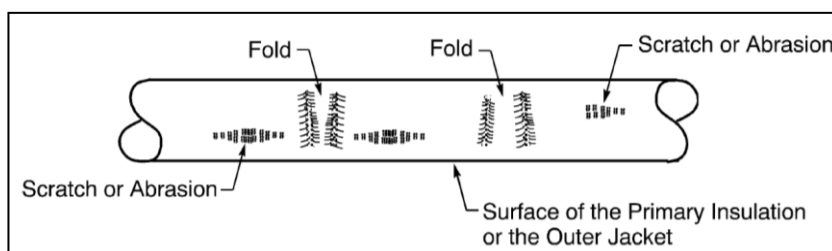
*Obr. 6.9.: Poškození krycí pásky*



*Obr. 6.10.: Poškození izolace spojky*

Oprava není nutná, pokud došlo k:

- Vzniku záhybu při ohnutí drátu
- Vzniku malých škrábanců na povrchu izolace
- Vzniku lehkého oděru a izolace není hladká
- Odchlípnutí nebo odlepení krycí pásky v délce menší než 50% průměru drátu



*Obr. 6.11.: Lehké oděrky na izolaci*

### 6.3.3 *Kontrola kabelových svazků*

Při kontrole si mechanik musí všimnout správného uložení svazku. Zejména nedotýká-li se nějaké jiné části, o kterou by se mohlo vlivem vibrací prodřít izolace jednotlivých drátů. Pak se také musí zaměřit na správné uchycení do objímek. Žádný z drátů ve svazku nesmí být nikde přiskřípnutý. Dráty se nesmí ve svazku mezi sebou kroutit. Technik musí svazky zkontrolovat na přítomnost kovových částí (šroubky, matice, piliny, špony...), které by mohlo prořezat izolaci a taky na všechny ostatní typy kontaminací.

## 6.4 Instalace kabelových svazků

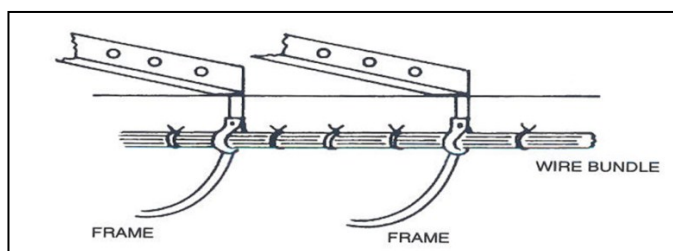
Tato kapitola informuje o veškerých pracích, od instalace přes kontrolu až po opravu kabelových svazků.

### 6.4.1 *Zásady tvorby kabelových svazků*

- Je třeba, aby samostatné dráty byly před svázáním do svazku rovnoběžné.
- Úvazky kabelových svazků musí být vyrobeny z barevných materiálů pro lepší identifikaci kabelu při jeho oddělení.
- Je-li nutné vyměnit uvazovací pásek kabelového svazku v nepřetlakovém prostoru, je možno k tomu použít pouze šněrovacích úvazků.
- Není povoleno pomocí lepicí pásky na kabelové svazky svazovat více jak jeden kabelový svazek.
- Pokud je to možné, úvazek by neměl být namontovaný v místě, kde se kříží 2 svazky.
- Úvazek nesmí být namontován v místě opravy drátu nebo kabelu.
- Úvazek může být namontován na stínění zemního vodiče.

### 6.4.2 *Vedení kabelových svazků*

- Vodiče musí být uchyceny nejméně ke každé příčné části konstrukce draku (příčky, žebra, atd.)

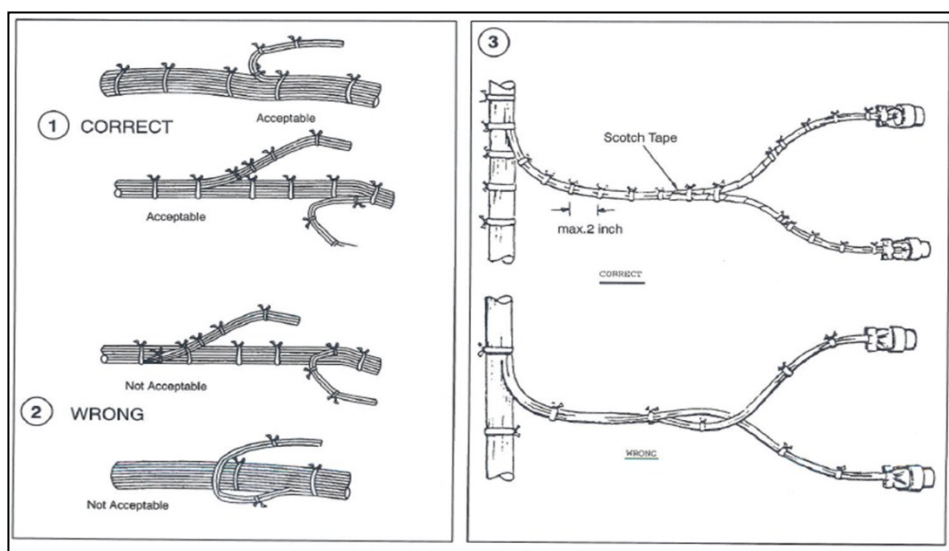


Obr. 6.12.: Uchycení kabelového svazku ke konstrukci

- Svazek vodičů je nutné vést tak aby nevznikalo nebezpečí poškození třením o hrany upevňovacích prvků, hrany konstrukce draku, kovové trubky atd.

#### 6.4.3 *Přidávání vodičů do svazku a oddělování vodičů ze svazku*

- Vázací prostředek musí být utažený dostatečně pro zabránění axiálního pohybu vodičů vůči sobě, avšak nesmí deformovat izolaci vodičů
- Všechny vodiče ve svazku musí být urovnané tak, aby žádný z nich nebyl namáhán na tah
- Vazba se opakuje po cca 20 cm (8 inch), v prostředí vysokých vibrací po 5 cm (2 inch)
- Přidané vodiče nebo nový svazek není nutné přivazovat k původním vázacím bodům nebo rozvazovat stávající vazbu. Obvykle se připevňuje mezi stávajícími body vazby, po cca 30 cm za předpokladu, že vzdálenost samostatných vázacích bodů nového svazku je obdobná jako u stávajícího svazku
- V případě, že se výrazně změní průměr svazku, je nezbytné vyměnit objímky pro uchycení svazku ke konstrukci letadla



Obr. 6.13.: Přidávání a oddělování vodičů ze svazku

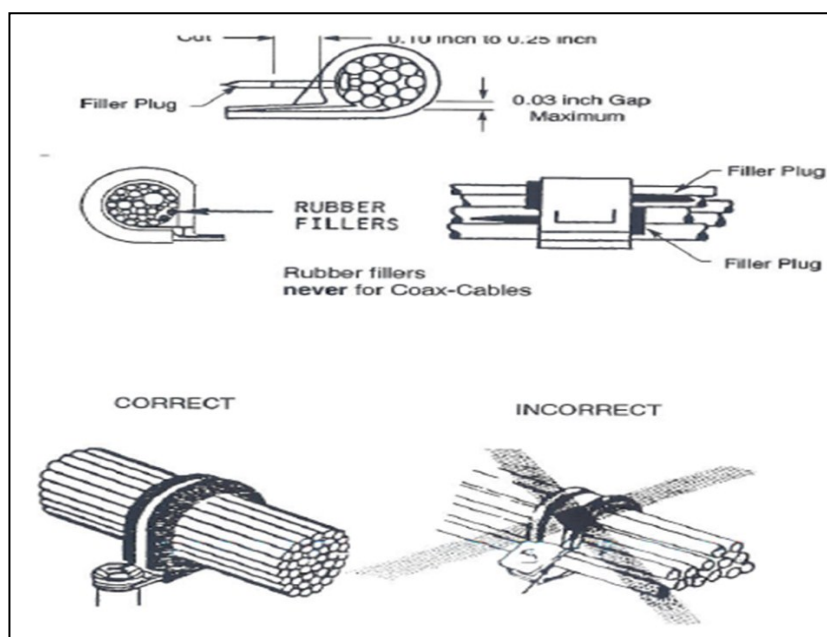
#### 6.4.4 *Čištění*

K čištění se mohou používat hadříky různých drsností, kartáčky nebo vysavač. K odstranění nečistot lze použít obyčejnou vodu, isopropyl alkohol, technický benzín nebo jiné čisticí látky (saponáty). Po každém čištění pomocí chemické látky je třeba

dané místo důkladně omýt vodou. Technik musí dbát na to, aby při čištění ochránil okolní prostor před kontaminací právě čisticími látkami.

#### 6.4.5 Kontrola objímek

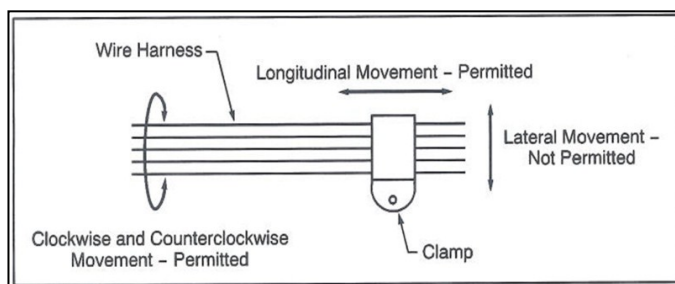
Mezi nejčastější pochybení při instalaci nebo opravě objímek patří přiskřípnutí kabelů do objímky. K častým poškozením také patří prasklé vymezovací vycpávky. Pro koaxiální kabely se nikdy nesmí používat gumové vycpávky.



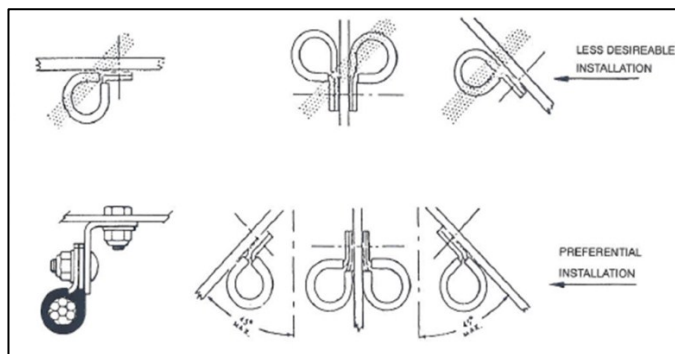
Obr. 6.14.: Instalace svazku do objímky

#### 6.4.6 Instalace a oprava objímek

Upevňovací objímky musí mít odpovídající velikost. V nepřetlakové části letadla nejsou dovoleny objímky z umělé hmoty. Pro vymezení volného prostoru objímky a snížení nebezpečí poškození vodičů kovovou objímkou je doporučena pružná (gumová, plastová, atd.) vložka s omezením pro koaxiální kabely. Svazek vodičů se může pohybovat v ose vodičů, může se otáčet ve směru hodinových ručiček i v protisměru, nesmí mít vůli vůči objímce v příčném směru na osu vodičů.



Obr. 6.15.: Pohyb svazku v objímce



Obr. 6.16.: Nesprávné a správné uchycení objímek ke konstrukci

Při vedení vodičů vnitřkem palivových nádrží je zakázáno používat upevňovací a vázací prostředky, které by po uvolnění mohly ucpat filtry.

#### 6.4.7 Uchycení na potrubí

- Minimální vzdálenost svazku vodičů od potrubí s hořlavými látkami (palivo, hydraulika, kyslík atd.) je 50mm (1,9 inch)
- Minimální vzdálenost svazku vodičů od ostatního potrubí (vzduch, voda) je 15mm (0,59 inch)
- Prvky el. sítě nesmí být upevněny na izolaci potrubí
- Kabeláž se nikdy nesmí upevňovat na potrubí s hydraulikou, horkým vzduchem, palivem a kyslíkem.

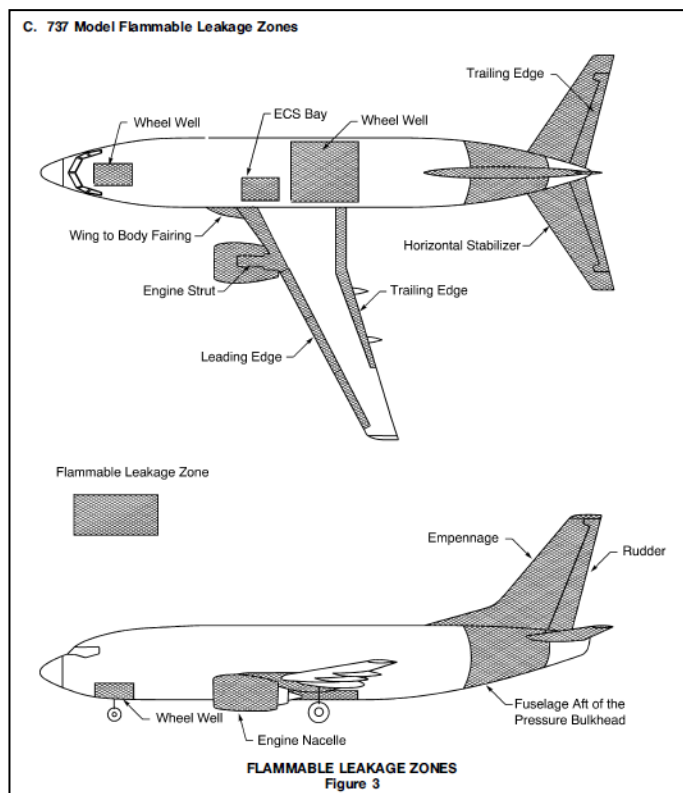


Obr. 6.17.: Nesprávné uchycení elektroinstalace na tepelnou izolaci

### 6.5 Typická místa poškození

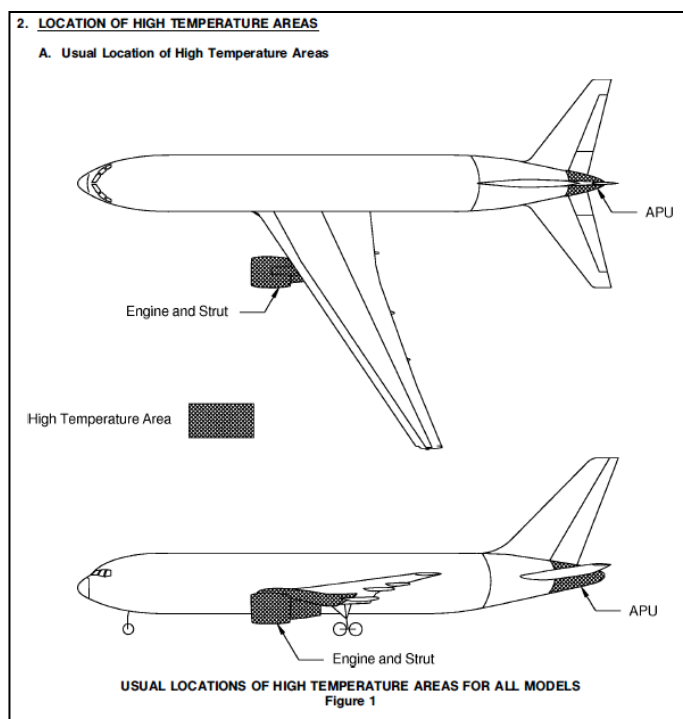
Tato kapitola se věnuje specifikaci míst poškození elektroinstalace různými zdroji.

### 6.5.1 Poškození plameny



Obr. 6.18.: Místa nebezpečná na vznik poškození vlivem plamenů

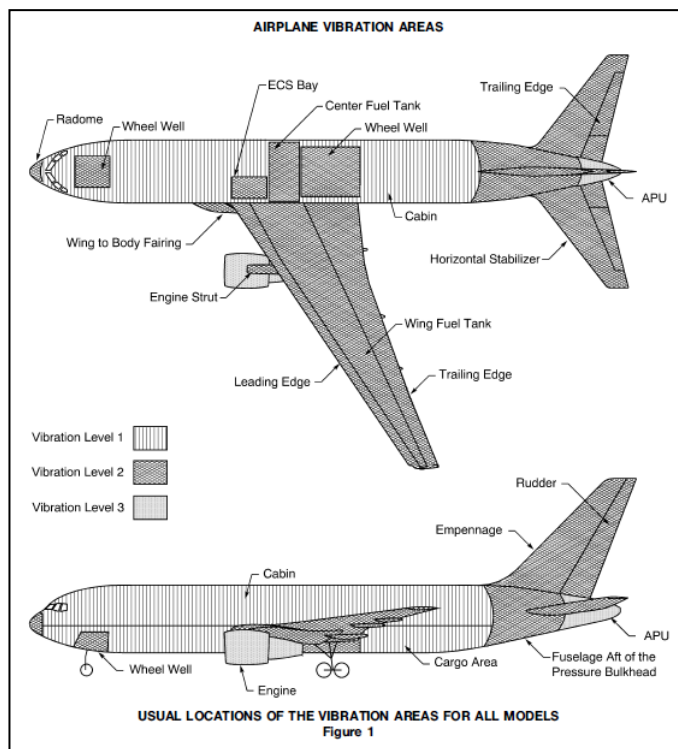
### 6.5.2 Poškození teplem



Obr. 6.19.: Místa nebezpečná na vznik poškození vlivem tepla



### 6.5.3 Poškození vibracemi



Obr. 6.20.: Místa nebezpečná na vznik poškození vlivem vibrací

### 6.5.4 Poškození korozí

Koroze nejčastěji vzniká v:

- Podvozkové šachtě
- Odtokové hraně křídla
- Náběžné hraně křídla
- Přechodu mezi křídlem a trupem
- Místech uchycení kostření

### 6.5.5 Poškození kontaminací

Kontaminace obecně se na letadle nacházejí všude. U jednotlivých druhů kontaminace se liší místo jejich působení. Více informací se nachází v modulu D.

### 6.5.6 Poškození cestujícími

Tato poškození se vyskytují v kabině pro cestující a na toaletách. Tato poškození vznikají nejčastěji rozlitými nápoji, zbytky jídla, zvratky, močí nebo přímým poškozením kabelů.

## 6.6 Údržbové a opravné procesy

Tato kapitola se věnuje základním opravám drátů a kabelů.

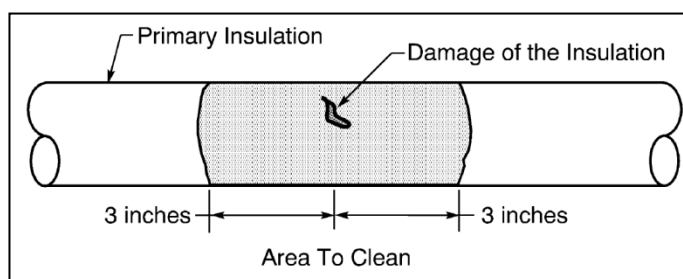


### 6.6.1 Základní podmínky oprav

Vždy musí být odstraněna příčina škody, aby se předešlo dalšímu poškození. Technik by měl ke své práci dodržovat čistotu, aby se předešlo kontaminaci. Opravy by měly být trvalé, pokud v příslušných podmínkách není stanoveno jinak. Údržba probíhající v oblastech s výskytem vysokých teplot, palivových výparů nebo vysokých vibrací mohou mít jiné nároky a kritéria na opravu.

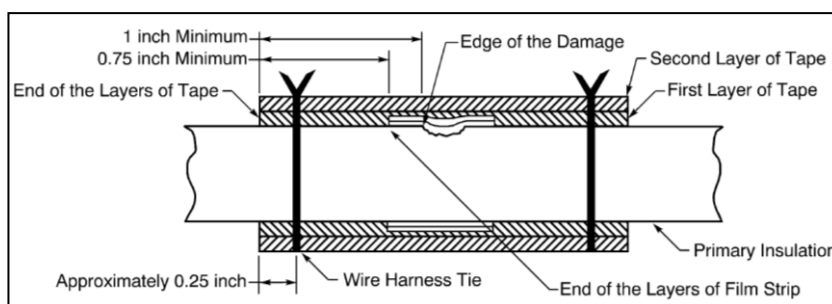
### 6.6.2 Oprava izolace drátu

1. Odstraňte volné kusy izolace a ostré hrany v okolí poškození
2. Ujistěte se, že izolace má hladký povrch
3. Izolaci očistěte isopropylalkoholem – očištění proveďte ve vzdálenosti 3 inche na obě strany od poškození
4. Očištěné místo osušte



Obr. 6.21.: Čištění poškozené izolace

5. Pokud poškozením vznikla v izolaci dutina tak ji vyplňte
6. Proveďte výběr vhodné tenké pásky dle teplotních hodnot
7. Naneste vhodné množství tenké pásky na vyplnění dutiny, aby vznikl hladký povrch
  - Odvodové překrytí musí být minimálně 50%
  - Konec pásky musí být minimálně 0,25 inch od hrany poškozeného místa
  - Pásku omotejte minimálně 2x



Obr. 6.22.: Nanesení pásky na izolaci

8. Na každou stranu opraveného místa umístěte upevňovací pásky
  - Každý 0,25 inch od konce krycí pásky

#### 6.6.3 *Oprava nestíněného drátu*

1. Odstraňte poničené místo – dbejte na to, aby stříhy vedly kolmo k podélné ose drátu
2. Izolaci omyjte isopropylalkoholem – minimálně od konce do vzdálenosti 3 inchů
3. Omytou část osušte do sucha
4. Sestavte spojku (splice) – tepelné hodnoty spojky porovnejte s hodnotami daného drátu

### 6.7 Instalace ochranných částí

Pod pojmem ochranné části si lze představit ochranné trubky (rukávy), které se v problémových místech nasouvají na kabeláž. Při instalaci je důležité, že v místě použití krycí trubky nesmí být svazek vázán žádnými vázacími prostředky.



*Obr. 6.23.: Různé typy ochranných trubek*

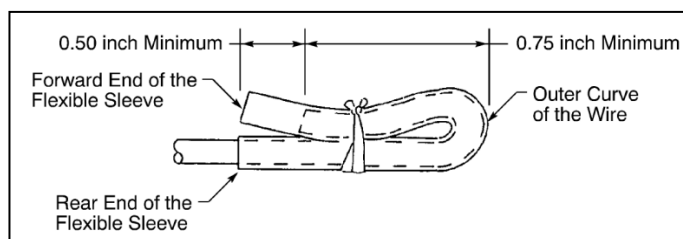
### 6.8 Nepoužívané kabely

Tato kapitola se věnuje postupům, používaným při zakončení volných, nepoužívaných kabelů. Zakončení lze provést pomocí pružného pouzdra nebo pomocí smršťovacího pouzdra.

### 6.8.1 Zakončení pomocí pružného pouzdra

#### a. Pro kabely o velikost AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

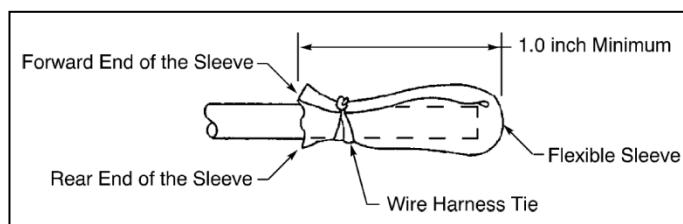
1. Uřízněte 2,7 inch dlouhé pouzdro
2. Nasad'te pouzdro na drát tak, aby konec pouzdra překrýval drát minimálně o 0,5 inch
3. Drát i s pouzdem ohněte, tak aby od konce drátu k ohybu bylo minimálně 0,75 inch
4. Ohnutý drát s pouzdem zajistěte úvazkem tak, aby zůstal ve stejné poloze



Obr. 6.24.: Zakončení drátu velikost AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

#### b. Pro kabely o velikost AWG 12 a menší bez koncového drátu

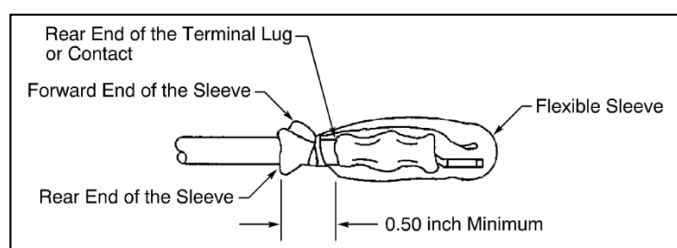
1. Délku pouzdra uříhňte tak, aby při nasunutí na kabel a přehnutí samotného pouzdra napůl byl kabel kryt minimálně v délce 1 inch
2. Nasuňte pouzdro na kabel tak, aby ho zakrýval minimálně v délce 1 inch
3. Ohněte pouzdro a srovnejte oba konce
4. Tuto polohu zajistěte pomocí úvazku na kabelové svazky



Obr. 6.25.: Zakončení drátu velikost AWG 12 a menší bez koncového kontaktu

c. Pro kabely s koncovým kontaktem

1. Pouzdro ustříhnete, tak aby po navlečení na kabel a ohnutí pouzdra byl mezi koncem pouzdra a koncem kontaktu minimálně vzdálenost 0,5 inche
2. Nasuňte pouzdro tak, aby jeho konec překrýval kontakt minimálně o 0,5 inche
3. Ohněte pouzdro a srovnejte oba konce
4. Tuto polohu zajistěte pomocí úvazku na kabelové svazky

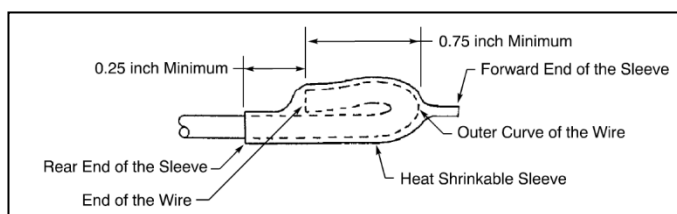


Obr. 6.26.: Zakončení drátu s koncovým konektorem

6.8.2 Zakončení pomocí smršťovacího pouzdra

a. Pro kabely o velikost AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

1. Pouzdro ustříhnete tak, aby od nasunutého konce k ohybu kabelu mělo délku minimálně 1 inch a aby zbylo dost místa na zatavení konce
2. Konec kabelu ohněte tak, aby vzdálenost ohnutého konce od ohybu byla minimálně 0,75 inche
3. Nasuňte pouzdro na kabel tak, aby jeho konec překrýval ohnutý konec drátu o 0,25 inche
4. Zatavte pouzdro ke konci drátu
5. Dokud je pouzdro ještě teplé, stlačte jeho volný konec kleštěmi

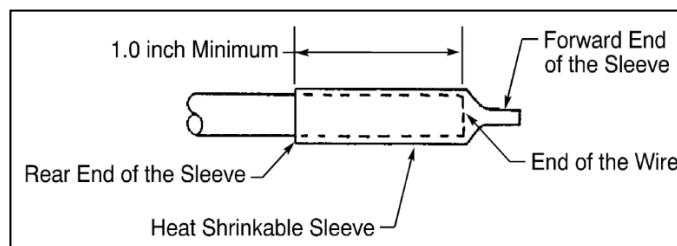


Obr. 6.27.: Zakončení drátu velikost AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

b. Pro kabely o velikost AWG 12 a menší bez koncového drátu

1. Pouzdro ustříhnete tak, aby krylo drát v délce minimálně 1 inch a aby zbylo dostatek prostoru pro zatavení konce

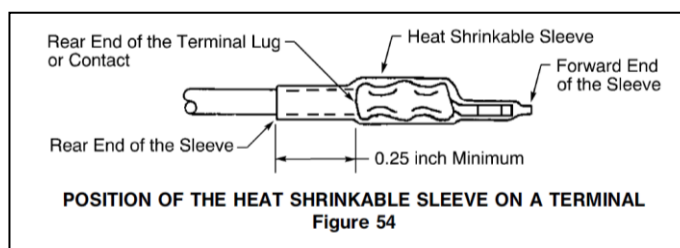
2. Nasad'te pouzdro na drát tak, aby ho pokrýval v délce 1 inch
3. Zatavte pouzdro ke konci drátu
4. Dokud je pouzdro ještě teplé, stlačte jeho volný konec kleštěmi



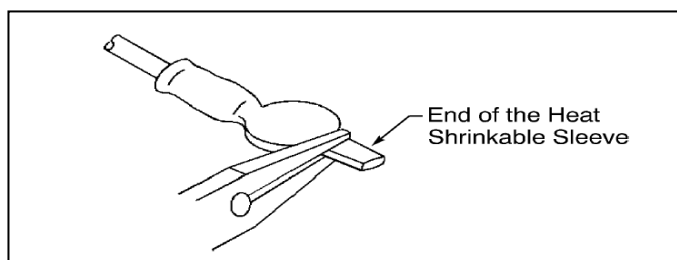
Obr. 6.28.: Zakončení drátu velikost AWG 12 a menší bez koncového kontaktu

c. Pro kabely s koncovým kontaktem

1. Pouzdro ustříhnete tak, aby při nasunutí překrývalo konec kontaktu minimálně o 0,25 inchů a aby zbylo na druhé straně dost míst na zatavení
2. Pouzdro nasuňte na drát tak, aby jeho konec přesahoval minimálně o 0,25 inchů konec kontaktu
3. Zatavte pouzdro ke konci drátu
4. Dokud je pouzdro ještě teplé, stlačte jeho volný konec kleštěmi



Obr. 6.29.: Zakončení drátu s koncovým konektorem



Obr. 6.30.: Stlačení volného konce kleštěmi

## 6.9 Uzemnění a ukostření

Tato kapitola se zabývá uzemněním, ukostřením a ochranou letadla před výbojem.

### 6.9.1 Ukostření

Ukostření je primární ochrana. Zajišťuje vzájemné propojení všech částí letadla do jednoho celku. U stíněných kabelů slouží stínění i jako kostření. Velkým problémem kostření jsou spoje, kde často vzniká koroze. Na přípojky kostření musí být použita vhodná kombinace materiálů a šrouby připojení musí být dotaženy na předepsaný moment.

Postup při instalaci ukostření

- 1) Připojte spojovací kabel k uzemňovacímu bodu na letadle
- 2) Druhý konec připojte k používanému zařízení
- 3) Při demontáži postupujte v opačném pořadí



Obr. 6.31.: Ukostření přístupu do palivové nádrže

### 6.9.2 Uzemnění

Jedná se o sekundární ochranu. Pokud letadlo parkuje a neprovádí se na něm žádná údržba, nemusí být uzemněné. Uzemnění je nutné pokud technik používá například baterie, hořlaviny, cokoli se zdrojem el. napětí nebo provádí výměnu některých elektrických zařízení. Během tlakového plnění paliva musí být elektrické propojení mezi letadlem a plnicím zařízením (automobil s tankem...). Statické uzemnění nemusí být provedeno, pokud vodivost mezi letounem a parkovacím místem je adekvátní. Problém nastává, když je podloží suchý sníh, písek nebo v okolí je nízká vlhkost. Pokud se na letadle provádí detailní práce, je třeba, aby každá část byla uzemněna ke společnému, k tomu určenému bodu. Letadlo je normálně

uzemněno skrze pneumatiky. S uzemňovacím kabelem se nesmí manipulovat, pokud v okolí probíhá v atmosféře elektrická aktivita nebo se letadlo nachází v silném elektromagnetickém poli

Postup při instalaci uzemnění:

- 1) Nejprve připojte uzemňovací kabel k uzemňovacímu místu na zemi
- 2) Připojte druhý konec uzemňovacího kabelu k letadlu v místě k tomu určenému
  - Připojovací bod na letadle musí být zbaven barvy a očištěn od oleje a jiných nečistot
- 3) Při odpojování uzemňovacího kabelu postupujte v opačném pořadí



*Obr. 6.32.: Připojení uzemňovacího kabelu k letadlu*

## **7 Závěr**

Výsledkem tohoto bakalářského projektu bylo vytvoření výukového materiálu k problematice EWIS. V první části jsem vytvořil prezentaci pro společnost JOB AIR Technic a.s., která na jejím základě začala školit svůj personál. Což bylo hlavním cílem této práce, který se tím pádem podařilo splnit. Aby prezentace nebyla suchým textovým souborem rozděleným do slidů, snažil jsem se ji oživit přidáním nákresů a fotografií z technické dokumentace, vlastními fotografiemi a videi. Pro přiblížení situace posluchači jsem také použil záběry z komerčních pořadů. Výsledkem je ucelená prezentace čítající více než tři sta slidů.

Problematiku jsem se snažil zmapovat jak z pohledu dokumentace k letadlům, tak z pohledu samotných mechaniků. Práci jsem zpracovával přesně podle struktury předepsané v AMC 20-22. Mým hlavním zdrojem informací byla technická dokumentace společnosti Boeing. S mechaniky jsem probíral některé opravné a revizní postupy. Dále mi ukazovali místa, kde vznikají problémy s elektroinstalací a pomáhali mi při natáčení videosekvencí v prezentaci.

Tato práce pro mě měla přínos hlavně v tom, že jsem se seznámil s danou problematikou, která mi předtím byla skoro cizí. V budoucnu mi určitě velmi pomůže, že jsem se částečně naučil orientovat v systému technické dokumentace a zkušenost s tvorbou výukového programu.

## ***Poděkování***

*Za pomoc při tvorbě výukové prezentace a bakalářské práce bych chtěl poděkovat pánům Mgr. Karlu Szydlowskému, Maroši Blahovskému, Marcelu Foltasovi a Petru Otáhalovi.*



## Seznam literatury

### Použitá literatura

1. LEPIL, O., ŠEDIVÝ, P.: Fyzika pro gymnázia – Elektřina a magnetismus, Prometheus, Praha 2005, 342s., ISBN 80-7196-202-3.
2. MARTINEC, F., Přednášky – Digitální technologie v letectví 2, Ostrava, 2011.
3. SMRŽ, V., Přednášky – Lidský činitel, Ostrava, 2011.
4. VÍTEK, J., Výukový program na téma "Statická elektřina při práci na letecké technice", VŠB-TU OSTRAVA, Ostrava, 2011, 50s., Vedoucí bakalářské práce František Martinec.

### Webové stránky

- [1] <http://easa.europa.eu/agency-measures/docs/agency-decisions/2008/2008-007-R/Decision%202008-007-R%20-%20Annex%20III%20-%20AMC%2020-22.pdf>, 10. 3. 2012
- [2] <http://www.boeing.com/commercial/ams/digital/index.html>, 15. 3. 2012
- [3] [http://www.eamtc.org/wp-content/uploads/2011/02/EWIS\\_Flyer-v2.pdf](http://www.eamtc.org/wp-content/uploads/2011/02/EWIS_Flyer-v2.pdf), 22. 3. 2012
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Swissair\\_Flight\\_111](http://en.wikipedia.org/wiki/Swissair_Flight_111), 25. 3. 2012
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/TWA\\_Flight\\_800](http://en.wikipedia.org/wiki/TWA_Flight_800), 26. 3. 2012
- [6] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Historie\\_letectv%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Historie_letectv%C3%AD), 12. 4. 2012
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Aviation\\_history?oldid=181374692](http://en.wikipedia.org/wiki/Aviation_history?oldid=181374692), 12. 4. 2012
- [8] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=27099](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27099), 13. 4. 2012
- [9] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/335-ochrana-pred-urazem-elektrickym-proudem>, 13. 4. 2012
- [10] [http://www.obal-centrum.cz/sacky\\_pytle/antistaticke\\_sacky.php](http://www.obal-centrum.cz/sacky_pytle/antistaticke_sacky.php), 15. 4. 2012
- [11] [http://www.cornerhardware.com/index.php?main\\_page=howto&f=ht051](http://www.cornerhardware.com/index.php?main_page=howto&f=ht051), 20. 4. 2012